

# ИнтерКарто. ИнтерГИС

# ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Международной конференции Мурманск (Россия), 30 января – 2 февраля, Токио (Япония), 20 июля 2019 г.

**Том 25** Часть 2

http://intercarto.msu.ru



2019

ISSN 2414-9179 (Print) ISSN 2414-9209 (Online) УДК 911.2:528

#### Организаторы конференции:

Международная картографическая ассоциация (МКА), Международная академия наук Евразии, Центр мировой системы данных по географии ICSU-WDS, Региональный Экологический Центр Центральной Азии, Мурманский морской биологический институт, Мурманское областное отделение РГО, МГУ имени М.В. Ломоносова, Севастопольский государственный университет, Секция океанологии, физики атмосферы и географии Отделения наук о Земле РАН, Мурманский арктический государственный университет, Синьцзянский Институт экологии и географии Китайской академии наук

**ИнтерКарто. ИнтерГИС.** Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: И 732 Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 2. 516 с.

Сборник включает материалы, представленные на Международную конференцию ИнтерКарто. ИнтерГИС 25. В статьях рассматриваются теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения экологических, экономических и социальных аспектов устойчивого развития, вопросы развития геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования Земли, проблемы экологической устойчивости и оценки воздействия на окружающую среду. Также рассматриваются вопросы сохранения культурного наследия, туризма и географического образования. Сборник выпускается 1 раз в год, начиная с 1994 года. В 2019 году конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС» проведена совместно с конференцией «ГИС для Шёлкового пути».

Главный редактор: **В.С. Тикунов** (МГУ, председатель комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА)

Ответственный редактор: М.В. Грибок (МГУ)

Редакционная коллегия: О.Е. Архипова (Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону), П.Я. Бакланов (Тихоокеанский ин-т географии РАН, г. Владивосток), А.Р. Батуев (Ин-т географии СО РАН, г. Иркутск), В.С. Белозёров (Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь), С.Н. Бобылёв (МГУ). Ф. Буйе (член комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА, Франция), Вей Хонг Цуи (Нац. исслед. центр инженерии и геоматики, Китай), Г. Гиенко (Ун-т Аляски, США), М. Говоров (Университетский Колледж Маласпина, Канада), Н. Гойко (Ун-т Черногории), С. Горин (Ун-т Св. Кирилла и Мефодия, Македония), Н. Караниколас (Ун-т Аристотеля, Греция), Е.Г. Капралов (Санкт-Петербургский государственный университет), Т. Кольчугина (Корпорация технологий устойчивого развития, США), А.В. Кошкарёв (Институт географии РАН), **Х. Кремерс** (заместитель председателя комиссии «Геоинформатика для устойчивого развития» МКА, Германия), А. Курбан (Синьцзянский ин-т экологии и географии, Китай), Х. Линь (Китайский ун-т Гонконга), Д.В. Лисицкий (Сибирский государственный ун-т геосистем и технологий, г. Новосибирск), И.К. Лурье (МГУ), Ф. Де Мейер (Гентский ун-т, Бельгия), М.Г. Назиров (Самаркандский государственный университет), М.В. Нырцов (МГУ), Г. Нямдава (Министерство окружающей среды, зеленого развития и туризма, Монголия), Ф. Ормелинг (Ун-т Утрехта, Нидерланды), А.В. Погорелов (Кубанский государственный ун-т, г. Краснодар), С.В. Пьянков (Пермский государственный ун-т), И.Н. Ротанова (Алтайский государственный ун-т, г. Барнаул), Н. Улугтекин (Стамбульский технический ун-т, Турция), Н.Н. Филатов (Институт водных проблем Севера РАН, г. Петрозаводск), М.-И. Фрейтас (Гос. ун-т Сан-Паулу, Бразилия), А.Н. Чумаченко (Саратовский государственный ун-т), Н.А. Щитова (Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь)

При цитировании просим использовать точное наименование сборника. Образцы цитирования:

Ivanov A.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2019. V. 25. Part 2. P.110–120. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-110-120 (для цитирования на английском языке).

Иванов И.О., Петров И.О. Название статьи. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 2. С. 110–120. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-110-120 (для цитирования на русском языке).

#### Адрес редакции:

Лаборатория комплексного картографирования географического факультета МГУ 119991, Москва, Ленинские горы, 1, комн. 2209, тел.: +7(495)939-23-54, e-mail: intercarto@yandex.ru Интернет-сайт: intercarto.msu.ru



## InterCarto. InterGIS

# GI SUPPORT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Proceedings of the International Conference January 30 – February 2, Murmansk (Russia), July 20, 2019, Tokyo (Japan)

> Volume 25 Part 2

http://intercarto.msu.ru



#### Organized by:

International Cartographic Association (ICA), International Eurasian Academy of Sciences,
World Data Center for Geography ICSU-WDS, Regional Ecological Center for Central Asia,
Murmansk Marine Biological Institute, Murmansk Regional Department of RGS,
MSU named after M.V. Lomonosov, Sevastopol State University,
Section of Oceanology, Atmospheric Physics and Geography of the Division of Earth Sciences of RAS,
Murmansk Arctic State University,
Xinjiang Institute of Ecology and Geography of the Chinese Academy of Sciences

**InterCarto. InterGIS.** GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2019. V. 25. Part 2. 516 p.

The Proceedings include papers presented at the InterCarto. InterGIS 25 International Conference. The articles are reviewed theoretical and methodological aspects of geoinformation support of ecological, economic and social aspects of sustainable development, issues of development of geoinformatics, cartography, remote sensing of the Earth, problems of ecological sustainability and environmental impact assessment. Also addresses issues of preservation of cultural heritage, tourism and geographical education. The Proceedings have been published once per year since 1994. In 2019, the conference "InterCarto. InterGIS" was held together with the conference SilkGIS 3.

Editor-in-Chief: **V. Tikunov** (MSU, Chairman of ICA Commission GI for Sustainability) Managing Editor: **M. Gribok** (MSU)

Editorial Board: O. Arkhipova (Southern Scientific Center of Russian Academy of Sciences (RAS), Rostov-on-Don), P. Baklanov (Pacific Institute of Geography RAS, Vladivostok), A. Batuev (Institute of Geography SB RAS, Irkutsk), V. Belozyorov (North-Caucasus Federal University, Stavropol), S. Bobylyov (MSU), F. Bouillé (member of ICA Commission GI for Sustainability, France), A. Chumachenko (Saratov State University), Cui Weihong (National Engineering Research Center for Geomatics of China), N. Filatov (Institute of Water Problems of the North, Petrozavodsk), M.I. Freitas (UNESP Universidade Estadual Paulista, Brazil), G. Gienko (University of Alaska, USA), M. Govorov (Malaspina University College, Canada), N. Gojko (University of Montenegro), S. Gorin (Ss. Cyril and Methodius University, Macedonia), Hui Lin (Chinese University of Hong Kong), N. Karanikolas (Aristotle University of Hong sity of Thessaloniki, Greece), E. Kapralov (St. Petersburg State University), T. Kolchugina (Sustainable Development Technology Corporation, USA), A. Koshkaryov (Institute of Geography RAS, Moscow), H. Kremers (Deputy Chairman of ICA Commission GI for Sustainability, Germany), A. Kurban (Xinjiang Institute of Ecology and Geography, China), D. Lisitsky (Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk), I. Lourie (MSU), Ph. De Maeyer (Ghent University, Belgium), V. Melkiy (Sakhalin State University), M. Nazirov (Samarkand State University), G. Nyamdavaa (Ministry of Environment, Green Development and Tourism, Mongolia), M. Nyrtsov (MSU), F. Ormeling (Utrecht University, Netherlands), A. Pogorelov (Kuban State University, Krasnodar), S. Pyankov (Perm State University), I. Rotanova (Altai State University, Barnaul), N. Shchitova (North Caucasus Federal University, Stavropol), N. Ulugtekin (Istanbul Technical University, Turkey)

Please use the exact name of the Proceedings for citations.

Citation example:

Ivanov A.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto. InterGIS and SilkGIS: Proceedings of the joint International Conference. Moscow: Moscow University Press, 2019. V. 25. Part 2. P. 110–120. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-110-120.

#### **Editorial Office:**

Integrated Mapping Laboratory, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, of. 2209; tel.: +7(495)939-23-54; *e-mail:* intercarto@yandex.ru Website: intercarto.msu.ru



## КАРТЫ И ГИС В ИССЛЕДОВАНИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

# MAPS AND GIS IN RESEARCH OF CLIMATE AND ENVIRONMENT CHANGES

УДК: 556.555.6 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-5-15

А.А. Лагута<sup>1</sup>, А.В. Погорелов<sup>2</sup>

## ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КРАСНОДАРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ЗА ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ (1973–2018 годы)

#### **АННОТАЦИЯ**

Краснодарское водохранилище – крупнейший на Северном Кавказе искусственный водоём, имеющий противопаводковые и ирригационные функции. Располагается на территории Краснодарского края и Республики Адыгея. За период эксплуатации с 1973 года водохранилище испытало заметные преобразования, отразившиеся на трансформации чаши водоёма. По данным батиметрических съёмок 2004–2005 годов и 2016 года выполнена оценка многолетних преобразований Краснодарского водохранилища в показателях его контуров, площади, ёмкости, изменений поверхности дна и других характеристик. Данные съёмок с последующим построением ЦМР позволили оценить динамику изменений морфометрических показателей Краснодарского водохранилища, произошедших в процессе его эксплуатации.

В результате заиления водохранилище разделилось на два водоёма; бывшее Тщикское водохранилище оказалась изолированным от западной части Краснодарского водохранилища надводной перемычкой и превратилось в самостоятельный водоём. По данным батиметрических измерений установлено непрерывное уменьшение ёмкости и площади

<sup>1</sup> ГКУ Краснодарского края «Территориальный центр мониторинга и прогнозирования», ул. Рашпилевская, 179/1, 350020, Краснодар, Россия, *e-mail:* alaguta@incloud.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия, *e-mail:* **pogorelov\_av@bk.ru** 

Краснодарского водохранилища при одновременном зарастании мелководья кустарником и древесной растительностью. Объём водохранилища при нормальном подпорном уровне на площади 229 млн км² сократился на 83,2 млн м³, объём при уровне мёртвого объёма — на 41,6 млн м³. Площадь зеркала при уровне мёртвого объёма уменьшилась на 16,1 км² и составляет 99,6 км². Средняя глубина при нормальном подпорном уровне уменьшилась на 0,36 м. Процесс заиления сопровождается эвтрофикацией и зарастанием литорали водоёма кустарником и древесной растительностью практически на всей площади литорали.

Объем заиления Краснодарского водохранилища (без отчленённого Тщикского водоема с самостоятельным водным режимом) за 2005—2016 годы составил 83,2 млн м<sup>3</sup>. Направленность трансформации ведёт к ухудшению противопаводковых и ирригационных функций водохранилища. Установленные темпы заиления, сокращения площади и полезного объёма приведут к деградации Краснодарского водохранилища в ближайшие десятилетия.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Краснодарское водохранилище, батиметрическая съёмка, цифровая модель рельефа, заиление, морфометрические характеристики, трансформация

Andrey A. Laguta<sup>1</sup>, Anatoly V. Pogorelov<sup>2</sup>

### CHANGE OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE KRASNODAR WATER RESERVOIR FOR THE PERIOD OF ITS OPERATION (1973–2018)

#### **ABSTRACT**

Krasnodar Reservoir is the largest in the North Caucasus artificial reservoir, which has antiflood and irrigation functions. It is located on the territory of the Krasnodar Territory and the Republic of Adygea. For the period of operation since 1973, the reservoir has undergone notable transformations, reflected in the transformation of the thickets of the reservoir. According to the bathymetric surveys of 2004–2005 and in 2016 an estimation of long-term transformations of the Krasnodar Reservoir in terms of its contours, area, capacity, changes in the bottom surface, and other characteristics was performed. The survey data, followed by the construction of a DEM, made it possible to assess the dynamics of changes in the morphometric indices of the Krasnodar Reservoir that occurred during its operation.

As a result of silting, the reservoir was divided into two reservoirs; the former Tchikskoye reservoir was isolated from the western part of the Krasnodar reservoir by a water jumper and turned into an independent reservoir. According to bathymetric measurements, a continuous decrease in the capacity and area of the Krasnodar reservoir is established with simultaneous overgrowing of shoal with shrub and tree vegetation.

The volume of sedimentation of the Krasnodar reservoir (without an isolated Tchikskoye reservoir with an independent water regime) for 2005–2016 amounted to 83.2 million m³. The direction of transformation leads to a deterioration of the flood control and irrigation functions of the reservoir. The established rates of silting, shrinking area and useful volume will lead to the degradation of the Krasnodar Reservoir in the coming decades.

**KEYWORDS:** Krasnodar Reservoir, bathymetric survey, siltation, digital elevation model, morphometric characteristics, transformation

6

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Territorial Center for Monitoring and Forecasting, Rashpilevskaya str., 179/1, 350020, Krasnodar, Russia, *e-mail:* alaguta@incloud.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Kuban state University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia, *e-mail:* **pogorelov av@bk.ru** 

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Краснодарское русловое водохранилище расположено в среднем течении реки Кубани в 242 км от её устья непосредственно выше города Краснодара. Это крупнейший на Северном Кавказе искусственный водоём. Водохранилище простирается на пойменных землях реки Кубани от станицы Воронежской до Краснодара. До затопления водохранилищем левобережная пойма реки Кубани представляла собой естественные плавневые массивы. Чаша водохранилища находится на территории двух субъектов Российской Федерации – Республики Адыгея (87 % площади водоёма при вводе в эксплуатацию) и Краснодарского края (13 %). Площадь водосбора водохранилища составляет 45,9 тыс. км², при этом на Краснодарский край приходится 24,1 тыс. км², на Республику Адыгея – 7,6 тыс. км².

В водохранилище, кроме Кубани, впадают левые её притоки — Белая, Пшиш, Марта, Апчас, Шундук, Псекупс. Рельеф дна Краснодарского водохранилища на значительной площади унаследован поверхностями еще до его затопления, сформированными естественными геоморфологическими процессами. В поперечном сечении чаша водохранилища имеет корытообразную форму с плоским дном и невысокими бортами. Левый берег пре-имущественно пологий, уступы редки и приурочены в основном к затопленным приустьевым участкам долин рек. Затопленные боковые долины левобережных притоков образуют своеобразные «эстуарии», вследствие чего береговая линия левобережья характеризуется сильной изрезанностью (рис. 1). Правый берег водохранилища в основном обрывистый с высотами до 10–14 м.



Puc. 1. Краснодарское водохранилище на снимке Landsat 3 29 сентября 1978 года Fig. 2. Krasnodar Reservoir in the image Landsat 3. September 29, 1978

Эксплуатация Краснодарского водохранилища, начавшаяся в 1973 году, решала целый ряд задач:

- пропуск паводков с расходами до  $1500 \text{ м}^3$ /с и защита от наводнения 600 тыс. га земель с населением более 300 тыс. жителей;
  - орошение 215 тыс. га рисовых систем;
- хозяйственно-бытовое и питьевое водоснабжение Краснодара (грунтовые воды, фильтрующиеся из водохранилища), курорта Анапа и Темрюкского района (минимальный сброс в Кубань в период критически низких расходов);
  - обеспечение рыбного хозяйства и рассоление до 156 тыс. га Приазовских лиманов;
  - улучшение навигационных условий на Нижней Кубани (400 км водных путей).

При вводе в эксплуатацию Краснодарское водохранилище, включившее в своей северо-восточной части построенное в 1940–1941 годах Тщикское водохранилище, имело площадь зеркала около 400 км², длину 46 км, ширину до 8–11 км, среднюю глубину 7 м, максимальную глубину до 18 м, полезный объём воды 2,2 км³ [Лурье и др., 2005] при полной ёмкости около 3 км³. Наполнение водой до проектного нормального подпорного уровня произошло в 1977 году. Основные гидрометрические характеристики водохранилища в соответствии с проектным положением представлены в табл. 1.

Табл. 1. Гидрометрические характеристики Краснодарского водохранилища по проектному положению Тable 1. Hydrometric characteristics of the Krasnodar reservoir according

to project parameters<sup>2</sup>

Показатели	Проектное положение (на 1973 год)					
Ёмк	Ёмкость, млн м $^3$					
при форсированном уровне (ФУ)	3048					
при нормальном подпорном уровне (НПУ) 33,65 м	2396					
при уровне мёртвого объёма (УМО)	236					
полезная ёмкость (при НПУ=33,65 м)	2160					
противопаводковой призмы (при НПУ=33,65 м)	652					
мёртвого объёма	236					
Площа	Площади зеркала, км $^2$					
при форсированном уровне	419,5					
при нормальном подпорном уровне 33,65 м	400,0					
при уровне мёртвого объёма	128,0					

Анализу трансформации Краснодарского водохранилища с оценками изменений морфометрических характеристик посвящено ограниченное количество публикаций [Курбатова, 2014; Погорелов и др., 2017]. Вместе с тем происходящие изменения водохранилища при всей его хозяйственной значимости заслуживают детального количественного анализа.

<sup>2</sup> Rules for the using of water resources of the Krasnodar Reservoir. Design and surveying institute "Kubanvodproekt", Krasnodar, 2008. 158 p. (in Russian)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Правила использования водных ресурсов Краснодарского водохранилища. Краснодар: ПИИ «Кубаньводпроект», 2008. 158 с.

За период своей эксплуатации водохранилище испытало весьма заметные преобразования и продолжает трансформироваться. Динамическое равновесие речной системы было нарушено в момент возведения плотины, и в настоящий момент система находится далеко от него в представлениях вещественного баланса. Подпор внёс изменения в гидравлический режим водотока – уменьшил уклоны свободной поверхности воды, скорости течения, увеличил глубины потока. Вследствие этого влекомые и взвешенные наносы аккумулируются в чаше водоёма.

Река Кубань характеризуется одним из наиболее высоких показателей мутности среди рек России, на которых построены водохранилища. Так, в 1940-1960 годах мутность Кубани в среднем составляла 0,68 кг/м<sup>3</sup>, а сток взвешенных наносов в среднем был равен 8,4 млн т; наносы реки Белой – левого приток Кубани – оцениваются в 2 млн т [Беркович, 2012]. По данным Правил использования... (2008, см. ссылку на с. 8), в водохранилище осаждается 97-98% объёма поступающего твёрдого стока; при этом средний годовой сток наносов пяти основных рек (Кубань, Лаба, Белая, Псекупс, Пшиш) равен 6 млн м<sup>3</sup>. Дополнительно на заиление влияет переработка берегов.

За время эксплуатации водохранилища в ходе заиления чаша бывшего Тщикского водохранилища оказалась изолированной от западной части Краснодарского водохранилища надводной перемычкой (рис. 1) и в настоящее время при отметках воды ниже 32,2 м представляет собой замкнутый водоём объёмом до 64 млн м<sup>3</sup>. В устье реки Белой образовался водораздел, отгораживающий реку от водохранилища. Средние глубины воды в Тщикском водоёме не превышают 1,5 м. Заиление чаши бывшего Тщикского водохранилища происходит значительно активнее, чем остальной площади. В период с 1985 по 2005 годы мощность иловых отложений выросла здесь от 1,5 м до 2,0 м (Правила..., 2008, ссылка на с. 8). В настоящее время Тщикское водохранилище имеет собственный гидрологический режим, практически не зависящий от основной части Краснодарского водохранилища.

Заиление, как известно, влечёт за собой утрату регулирующего значения водохранилищ [Иванов, Неговская, 1970]. Между тем, объём тела заиления Краснодарского водохранилища непрерывно увеличивается. Существуют методы, позволяющие выполнять мониторинг и оценку объёмов тела заиления, а также актуализацию значений основных морфометрических характеристик водоёма. В работе ставились задачи по данным батиметрических съёмок определить объём тела заиления за период между батиметрическими съёмками (2005–2016 годы), установить тенденции и особенности процесса заиления, рассчитать изменения ключевых морфометрических характеристик Краснодарского водохранилища на основе цифрового моделирования рельефа.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходными материалами для создания цифровых моделей рельефа (ЦМР) явились данные батиметрических съёмок Краснодарского водохранилища в 2004–2005 годах и 2016 году, выполненных с участием авторов. Съёмки проводились в соответствии с Руководством по топосъёмке (1989)<sup>1</sup>. Батиметрическая съёмка выполнялась профилографом «Rio Grande 1200 kHz»<sup>2</sup>, обеспечивающим автоматизированное позиционирование каждой промерной точки в прямоугольных плановых координатах X и Y относительно начальной точки. Методика и порядок измерения уровней воды любого поверхностного водоёма регламентируется Наставлениями Росгидромета [Наставление..., 1974; 1975]. Базовым

<sup>1</sup> Руководство по топографической съёмке шельфа и внутренних водоёмов (ГКИНП-11-157-88). М.: ЦНИИ-

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> РД 52.08.767-2012. Расход воды на водотоках. Методика измерений акустическими доплеровскими профилографами «Stream Pro» и «Rio Grande»// (ФГБУ «ГГИ») Росгидромета, 2012

уровнем водной поверхности Краснодарского водохранилища в период проведения батиметрической съёмки служил уровень, ежедневно публикуемый Кубанским бассейновым водным управлением<sup>1</sup>. По данным координат начальной точки батиметрической съёмки в системе координат Пулково 95 и отметки в Балтийской системе (БС) высот 1977 года производился автоматизированный пересчёт всех измерений точек промера дна в координаты Пулково 95 с приведением к Балтийской системе высот.

Междугалсовые расстояния при батиметрической съёмке водохранилища установлены равными 100 м (рис. 2). Для детализации участков дна водохранилища со сложным рельефом (старые русла Кубани и Псекупса, участок вблизи шлюзов водохранилища, северная часть водоёма с наличием ям и пр.), дополнительно прокладывались галсы сгущения. Направления всех промерных галсов, как для основной чаши Краснодарского водохранилища, так и для отделившегося от него бывшего Тщикского водохранилища, установлены параллельными главной плотине водохранилища с дирекционным углом галсов 151—331°.

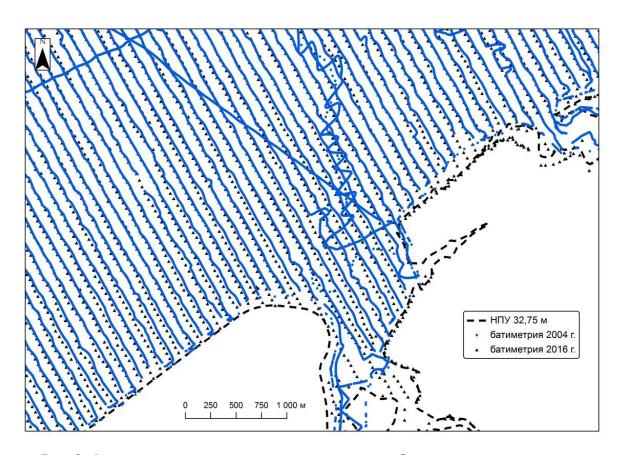


Рис. 2. Схема расположения промерных галсов при батиметрических съёмках Краснодарского водохранилища (фрагмент в районе устьевой части р. Псекупс) Fig. 2. Scheme of the location of survey lines during bathymetric surveys of the Krasnodar Reservoir (fragment in the mouth area of the Psekups River)

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Официальный сайт Кубанского бассейнового водного управления Федерального агентства водных ресурсов: http://www.kbvu-fgu.ru/ (дата обращения: 01.08.2018).

В пределах основной чаши Краснодарского водохранилища батиметрическая съёмка проведена по 264 галсам. Средняя протяженность промерного галса в основной чаше водохранилища от одного берега до другого составила 8–10 км при максимуме протяжённости до 12 км в приплотинной части водохранилища. Средние расстояния между промерными точками составляли 2,4 м. Суммарная протяжённость промерных маршрутов, пройденных при батиметрической съёмке Краснодарского водохранилища в 2016 году, составила 3525 км с общим количеством точек измерения глубин 1,451 млн.

Обработка материалов съёмок и построение ЦМР выполнены в программе ArcGIS (ESRI). Построены ЦМР чаши Краснодарского водохранилища по состоянию на 2005 и 2016 годы с пространственным разрешением, соответствующим плотности исходных промерных точек. Подобное пространственное разрешение позволяет анализировать морфометрические особенности дна водоёма в масштабе мезо- и микроформ рельефа (затопленные русла, морфология устьевых баров и взморья, ямы и тому подобное). Расчёт объёмов и площадей зеркала водохранилища в 2016 году выполнен для характерных уровней – НПУ и УМО.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В процессе эксплуатации Краснодарского водохранилища в районе дельты реки Белой образовались зона мелководья и обширная надводная перемычка, разделившая Краснодарское водохранилище на два самостоятельных водоёма — западный и восточный (на месте бывшего Тщикского водохранилища) (рис. 3). Река Кубань на выходе из расширяющейся перемычки продолжает в настоящее время формировать свою выносную дельту в сторону плотины. Ширина перемычки вместе с областью заиления при низких уровнях воды достигает 10—17 км. Перемычка с большим количеством мелких водоёмов заросла растительностью.

По данным батиметрических измерений 2016 года построены гипсометрическая карта дна водоёма и карта глубин (рис. 4). Как видим, монотонное в целом повышение отметок дна от нижней приплотинной части на восток нарушено, в первую очередь, врезами затопленных русел рек Кубани, Пшиша и Псекупса. Дополнительно рельеф дна осложнен многолетним прямым антропогенным воздействием — изъятием с помощью земснарядов донных отложений (песок) для строительных нужд с образованием локальных выемок. Так, за период от ввода водохранилища в эксплуатацию до 2005 года объём этого изъятия составил около 70 млн м<sup>3</sup> (Правила..., 2008, см. ссылку на с. 8).

Основные морфометрические характеристики Краснодарского водохранилища, включая ёмкости и площади зеркала, отражающие направленность трансформации его чаши, приведены в таблице 2.

Полученные показатели (табл. 2) свидетельствуют о непрерывном уменьшении ёмкости и площади Краснодарского водохранилища при одновременном зарастании мелководья кустарником и древесной растительностью (рис. 5). В 2016 году 36,70 км², то есть 16 % площади зеркала, при НПУ приходились на затопленные заросли гидроморфной растительности — преимущественно ивняка. По нашим наблюдениям свободная от растительности мелководная литораль (глубины менее 2 м) акватории Краснодарского водохранилища составляет всего 3,61 км². Иными словами, заиление сопровождается активной эвтрофикацией с увеличением площади, занятой литоральной растительностью — участки дна водоёма с абсолютными отметками выше 30,75 м заросли практически полностью. С использованием вегетационного индекса NDVI установлено, что наиболее интенсивно происходит зарастание в юго-западной части выдвинутой дельты реки Белой, где формируется пойменный лес.

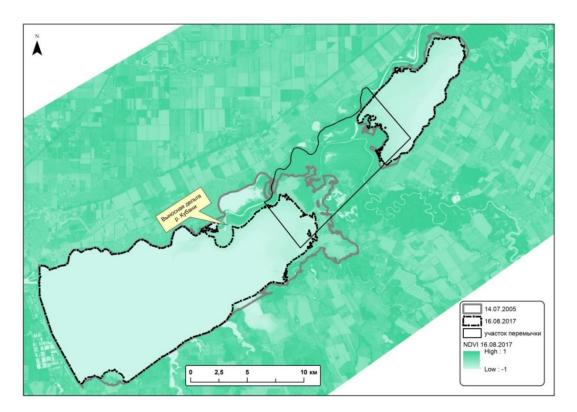


Рис. 3. Изменение контуров Краснодарского водохранилища в 2005–2017 годах. В качестве подложки использован вегетационный индекс NDVI (16.08.2017) Fig. 3. Changes in the contours of the Krasnodar Reservoir in 2005-2017. Index NDVI was used as a substrate (16.08.2017)

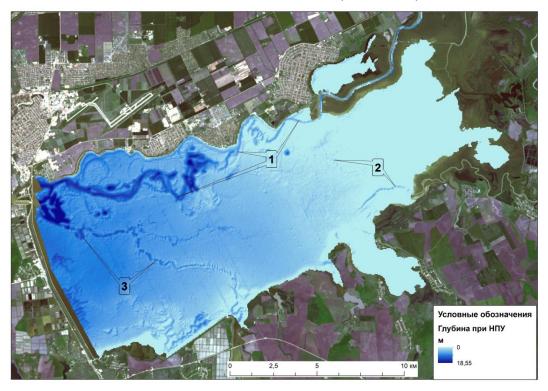


Рис. 4. Глубина Краснодарского водохранилища при нормальном подпорном уровне, 2016. Цифрами показаны затопленные русла рек Кубани (1), Пшиша (2) и Псекупса (3) Fig. 4. The depth of the Krasnodar reservoir at a normal retaining level, 2016. The numbers show flooded riverbeds of the Kuban (1), Pshish (2) and Psekups (3)

Табл. 2. Основные морфометрические характеристики Краснодарского водохранилища по данным геодезических (в том числе батиметрических) съёмок разных лет и проектным данным

Table 1. The main morphometric characteristics of the Krasnodar reservoir according to the data of geodetic (including bathymetric) surveys of different years and project parameters

Показатели	Проектные характеристики,	Харак	, годы		
	1973 год	1985–1986	2004–2005	2016*	
	ËN	икость, млн м <sup>3</sup>			
при ФПУ	3048	2987	2793	-	
при НПУ 33,65 м	2396	2347	2149	-	
при НПУ 32,75 м			1798 (1532,14*)	1448,94	
при УМО	236	221	192	151,42	
полезная ёмкость (при НПУ=33,65 м)	2160	2126	1957	_	
полезная ёмкость (при НПУ=32,75 м)			1606	1297,52	
мёртвого объёма	236	221	192	151,42	
	Плог	цадь зеркала, км <sup>2</sup>			
при ФПУ	419,5	413	417,6	_	
при НПУ 33,65 м	400	394		-	
при НПУ 32,75 м			382,0	229,03	
при УМО	128	127	115,7	99,58	
	Длина	водохранилища, к	CM		
	46	46	45,5	29,9	
	Ширина	водохранилища,	KM		
<u>Максимальная</u> Средняя Минимальная	11,0 8,7	11,0 8,7	11,0 8,2	11,0 8,7* 4,9	
	Сре	дняя глубина, м			
	7,0	6,0	4,7 (6,72*)	6,33	

<sup>\*</sup> Данные без учёта Тщикского водоёма и образовавшейся надводной перемычки. Площадь зеркала Тщикского водоёма в 2016 году при уровне 32,75 м равна 46,75 км², объём — 87,57 млн м³, средняя глубина — 1,87 м

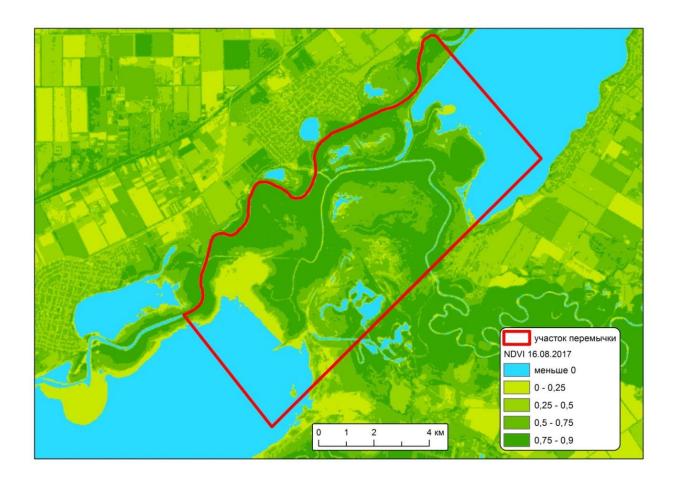


Рис. 5. Распределение относительной фитомассы (вегетационный индекс NDVI) в августе 2017 года в районе перемычки Fig. 5. Distribution of relative phytomass (vegetative index NDVI) in August 2017 in the dam area

#### выводы

Выполнена оценка многолетних (1973—2018 годы) преобразований руслового Краснодарского водохранилища в показателях его контуров, изменений поверхности дна и объёма, а также зарастания растительностью образовавшейся перемычки между западным и восточным водоёмами. Данные батиметрических съёмок с последующим построением ЦМР позволили оценить объём тела заиления и динамику изменений морфометрических показателей Краснодарского водохранилища, произошедших за период между съёмками (2005 и 2016 годы).

Объём водохранилища при НПУ на площади 229 млн. км² сократился на 83,2 млн. м³ (то есть на объём заиления), объём при УМО – на 41,6 млн. м³. Площадь зеркала при УМО уменьшилась на 16,1 км² и составляет 99,6 км². Средняя глубина при НПУ уменьшилась на 0,36 м. Процесс заиления сопровождается эвтрофикацией и зарастанием литорали водоёма кустарником и древесной растительностью практически на всей площади литорали.

Такие преобразования чаши Краснодарского водохранилища, несомненно, ухудшают его противопаводковые и ирригационные функции, а выявленные темпы заиления неизбежно ведут к ускорению в ближайшие десятилетия трансформации водохранилища. По нашим оценкам аккумулятивный конус Кубани, формирующий выносную дельту в сторону плотины, достигнет уровня мёртвого объёма не позднее 2030–2032 годов, что приведёт к качественно новой фазе существования искусственного водоёма — деградации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Беркович К.М. Русловые процессы на реках в сфере влияния водохранилищ. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 163 с.
- 2. Иванов А.Н., Неговская Т.А. Гидрология и регулирование стока. М.: Колос, 1970. 287 с.
- 3. *Курбатова И.Е.* Мониторинг трансформации Краснодарского водохранилища с использованием спутниковых данных высокого разрешения. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2014. Т. 11. № 3. С. 42–53.
- 4. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань: гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. 500 с.
- 5. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрологические наблюдения на постах. Ред. д-р технических наук И.Ф. Карасёв и Н.Н. Фёдоров. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. Вып. 2. Ч. II. 264 с.
- 6. *Наставление* гидрометеорологическим станциям и постам. Гидрометеорологические наблюдения на озерах и водохранилищах. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. Вып. 7. Ч. І. 301 с.
- 7. Погорелов А.В., Липилин Д.А., Курносова А.С. Спутниковый мониторинг Краснодарского водохранилища. Географический вестник, 2017. № 1 (40). С. 130–137. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137.

#### REFERENCES

- 1. *Berkovich K.M.* Channel processes on rivers in the reservoir sphere of influence. Moscow: Moscow State University, 2012, 163 p. (in Russian).
- 2. *Ivanov A.N.*, *Negovskaya T.A.* Hydrology and flow regulation. Moscow: Ear, 1970. 287 p. (in Russian).
- 3. *Kurbatova I.E.* Monitoring of the transformation of the Krasnodar Reservoir using high resolution satellite data. Actual problems of remote sensing of the Earth from space, 2014. V. 11. No 3. P. 42–53 (in Russian).
- 4. *Lurye P.M.*, *Panov V.D.*, *Tkachenko Yu.Yu.* The Kuban River: hydrography and regime of runoff. St Petersburg: Hydrometeoizdat, 2005. 498 p. (in Russian).
- 5. Manual for hydrometeorological stations and posts. Hydrological observations at the posts. Ed. by I.F. Karasyov, N.N. Fyodorov. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1975. Iss. 2. P. II. 264 p. (in Russian).
- 6. Manual for hydrometeorological stations and posts. Hydrometeorological observations on lakes and reservoirs. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1974. Iss. 7. P. I. 301 p.
- 7. Pogorelov A.V., Lipilin D.A., Kurnosova A.S. Satellite monitoring of the Krasnodar reservoir. Geographical bulletin, 2017. No 1 (40). P. 130–137. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-1-130-137 (in Russian).

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-16-27

Jean A. Doumit<sup>1</sup>, Samar C. Sakr<sup>2</sup>

#### TOWARD A SNOW MELT PREDICTION MAP OF MOUNT LEBANON

#### **ABSTRACT**

An important remote sensing task is to delineate snow cover. The global significance of snow patterns constitutes an important part of the climate and bio system of the Earth. Snow contributes to the hydrologic cycle through precipitation storage and melting. It is also important to monitor snow cover lands, and detect its boundaries from the Normalized Difference Snow Index (NSDI).

In this work, based on remote sensing methods we delineate the snow cover on Mount Lebanon from 2013 till 2018 basing on sequential Landsat OLI/TIRS data.

Beside snow cover delineation we extracted terrain characteristics of these snow boundaries from the Digital Elevation Model AW3D30, elevation interval, slope, aspects, insolation calculated for a climatological snow melt analysis and understanding.

The relation of snow covers with terrain morphology is an important climatological factor influencing on the snow position, duration and melting. In this study we are seeking a link between the available snow covers and the terrain parameters.

As a final result of this study based on NDSI index of the Landsat Oli images, a snow duration map of mount Lebanon was built, and the analysis showed that the surface of the snow-cover decreases around spring and it depends directly on the orientation of the slopes especially them which are in full sun and those which are with the shelters.

**KEYWORDS:** snow cover, Landsat, NSDI

#### **INTRODUCTION**

The situation of Lebanon on the Mediterranean Sea and its terrain specific nature with an interval of elevations varying from 0 to 3080 meter above the sea level and the influence of the climate on this terrain factors gave it a cold winter with a temporary snow cover [Doumit, 2017].

Temporary and seasonal snow covers do not survive the summer the case of Lebanon, typically, a seasonal snow cover will survive for several months, usually being replenished throughout the winter, while a temporary snow cover survives for a matter of days.

Over the years, scientists used remote sensing to describe the geographic distribution of snow cover and simplify its mapping, field surveys have been used to generate snow maps [Brown, Braaten, 1998]. With the evolution of geomatics, we used remote sensing feature indexes of snow detection such as Normalized Difference Snow Index (NSDI).

From here, begin the importance of snow cover monitoring and the way of its extraction. First remote sensing methods for snow cover detection and delineation were the unsupervised, supervised classifications using multispectral bands, the tasseled cap transformation (TCB) and may others [Doumit, 2017].

In our study, twenty satellite images of several dates from 2013 till 2018 translated to snow covers based on NSDI for understanding the snow melt process and analyzing the climatological relations with terrain parameters elevation interval, slope, aspect, insolation duration and solar insolation.

<sup>1</sup> Lebanese University, department of geography, Faculty of Literatures and Human sciences, Fanar, Lebanon, *e-mail*: **jeandoumit@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lebanese University, department of geography, Faculty of Literatures and Human sciences, Fanar, Lebanon, *e-mail:* samarsakr2005@hotmail.com

#### STUDY AREA

The study area begins from 1300 meters above the sea level to Qornet es Sawda the highest point in Lebanon 3088 m englobing Jezzine highlands, Barouk, Sannine and ending at Amouaa at a length of 130 km .

Figure 1 showed the study area with five intervals of elevation classification hihlighting the decrease in elevation from the North toward the South.

This area is on the north edges of the subtropical high pressures (cell of Hadley connects), near the large Africa and Arabian deserts (the Sahara). In summer, the influence of the subtropical high pressures, (present in altitude) prevent any ascent of air and cause an absolute drought from June to September (fig.1). On the surface (with the sea level), all Eastern Mediterranean is under the influence of a low thermal pressure.

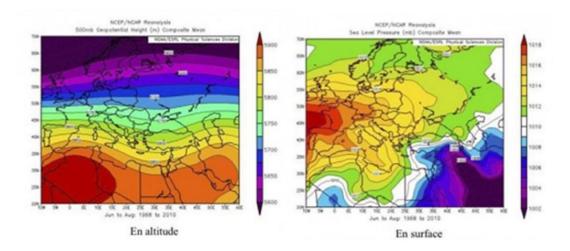


Fig. 1. Pressure in altitude (500 hPa, on the left) and in surface (on the right) for summer period according to the NCEP/NCAR (from 1990–2017)

During the rainy season, from October to May, the area is subjected, in altitude, with a circulation of west (moderate influences) materialized by subtropical Jet Stream whereas a trough of low pressure covers the Mediterranean (fig. 2). This flow is zonal (fast circulation of the Jet, 150 to  $500 \, \text{km/h}$ ) or undulating (slow circulation of the jet, speed  $< 150 \, \text{km/h}$ ), making alternate periods of good weather and disturbed time (fig. 3 and 4).

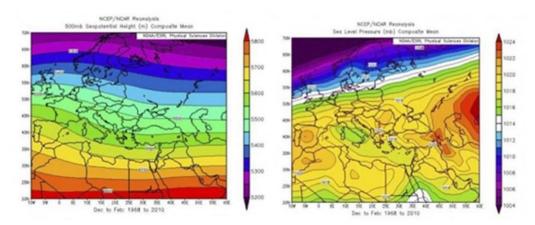


Fig. 2. Pressure in altitude (500 hPa, on the left) and in surface (on the right) for winter period (according to the NCEP/NCAR from 1990–2017)

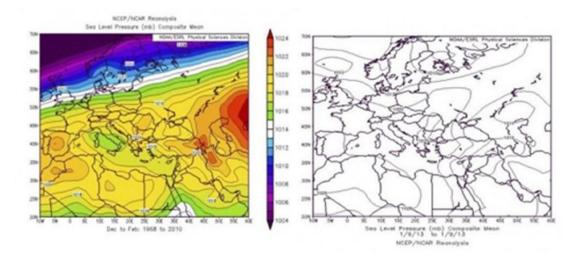


Fig. 3. Example of disturbed circulation above the area (in altitude on the left and the surface on the right) according to the data NCEP/NCAR

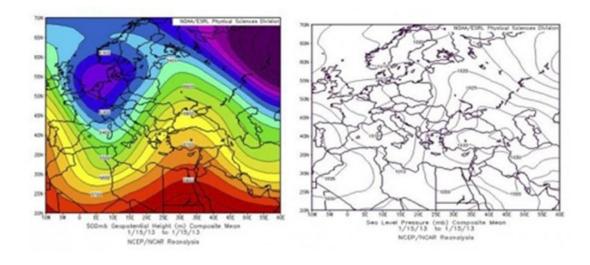


Fig. 4. Example of anticyclone circulation above the area (in altitude on the left and the surface on the right) according to the data NCEP/NCAR

Precipitations concentrate over the months of the rainy season (from October to May with more than 50 % of the annual total during the winter months, December, January and February). Factors geographical (altitude, latitude and continentally; effect of shelter) induce a very strong space variability of the temperatures and particularly of precipitations. These last decreases according to a west-east and south-eastern gradient (effect of continentally and shelter) and North-South (effect of latitude), the disturbances being less and less fed in cold air. The annual pluviometry totals, which are around 800 mm on the northern littoral of the area, rise with more than 1800 mm on the summits of Mount-Lebanon to fall to less than 50 mm towards the south (Negev) on the borders of Arabian desert.

The study area was delineated from the closed contour line with elevation 1300 m above the sea level with a total area of 1896.97 square kilometer, paralleling the Mediterranean coast for about (15 to 25 km), with northern outliers extending into Syria.

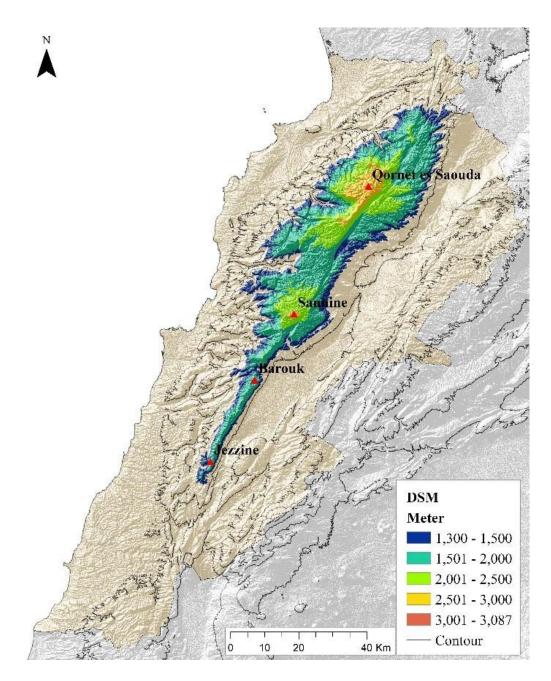


Fig. 5. The map of Lebanon with the study area elevation interval

#### MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

Snow cover detection using satellite imagery is a complicated process that must take into account the reflectance values of some of the bands of the electromagnetic spectrum. For this study, images are taken from the Landsat OLI/TIRS. Landsat 8 carries two instruments: The Operational Land Imager (OLI) collects image data for nine shortwave spectral bands with a 30 m spatial resolution and a panchromatic band used for a pan sharpening.

Landsat swath covers an area of 185×185 km and Lebanese mountain chain is elongated and needs two images that is why a mosaic was done to convert the whole study area. Datasets were taken from 20 images beginning from 2013 till 2018 (fig. 6).

Landsat 8 data downloaded from the Center for Earth Observation and Digital Earth (CEODE, http://www.ceode.cas.cn/) or the Earth Resources Observation and Science Center (EROS, http://glovis.usgs.gov/).

The digital numbers of all images were pan sharped to a spatial resolution of 15 meter and converted to surface reflectance to obtain the Top of Atmosphere (TOA) reflectance as suggested by [Smith et al., 2013], using reflectance rescaling coefficients found with Landsat 8 in the product metadata file. The below equation is used for the conversation of digital numbers DN values to TOA reflectance for OLI data as follows<sup>1</sup>:

$$TOA = \frac{MDN + A}{\sin \theta} \qquad (1);$$

Where:

M = Band-specific multiplicative rescaling factor found inside from the Metadata file;

A = Band-specific additive rescaling factor from the metadata file;

DN = bands pixel values;

 $\theta$  = Local sun elevation angle in degrees from the metadata file.

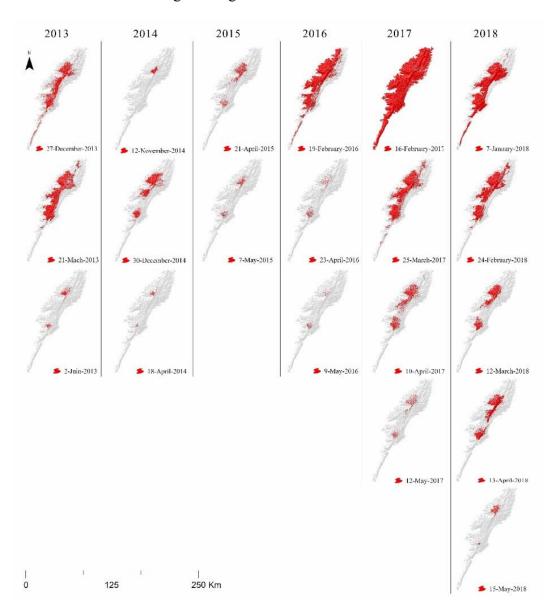


Fig. 6. Snow cover maps of 2013,2014,2015,2016, 2017 and 2018

<sup>-</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> USGS, Using the USGS Landsat 8 product. Web resource: https://landsat.usgs.gov/Landsat8\_Using\_Product.php (accessed 13.07.2013)

After the TOA calculation for all of corresponding Landsat 8 bands, we applied a contrast stretch algorithm by expanding the range of pixel values used to 255 for the enhancement of the brightness in snow pixels.

For the detection of snow cover, we applied the Normalized Difference Snow Index: one of the most successful techniques of snow mapping is the Normalized Snow Difference Index (NSDI) proposed by [Hall et al., 1995]. This technique exploits the high reflectance of snow in the green and the shortwave infrared wavelength bands.

NSDI is calculated using the reflectance values [Hall et al., 1987, 1995]:

$$NSDI = \frac{TOA_{Green} - TOA_{SWIR}}{TOA_{Green} + TOA_{SWIR}}$$
 (2).

A raster calculation operation was done using raster calculator algorithm for the application of mathematical formulas to calculate the index.

Firstly, we perform a calculation using equation (2) of Normalized Snow differential index (NSDI) as recommended by [Hall et al., 1995], [Kulkarni et al., 2006] and [Xiao et al., 2002], we used a NDSI threshold of greater than 0.4 for the detection of snow cover.

The NSDI pixels in the final image are classified into non-snow and snow pixels (fig. 6).

Cloud cover as we know has a big reflectance degree very similar to the snow one, and gives a difficult in snow delineation all the 20 images used in our project has less than 15 % cloud coverage.

For this reason, we see in figure 6 an uncontimuity in the dates, for 2015 only two images for 2013, 2014 and 2016 three images. In 2017 and 2018 approximately all months were covered. The availability of images due to the temporal resolution and to cloud cover of the scene.

Table 1. Snow cover areas related to the acquisition date of satellite image

Snow cover date	Area, %	Area, km²
27 December 2013	23.95	454.35
21 March 2013	30.75	583.37
2 June 2013	2.92	55.33
12 November 2014	1.59	30.21
30 December 2014	15.13	287.03
18 April 2014	1.03	19.55
21 April 2015	7.49	142.15
7 May 2105	2.93	55.6
19 February 2016	45.25	858.3
23 April 2016	2.97	56.35
9 May 2016	1.26	23.87
16 February 2017	93.85	1780.23
25 March 2017	33.13	628.46
10 April 2017	14.95	283.52
12 May 2017	3.92	74.41
7 January 2018	41.67	790.52
24 February 2018	32.01	607.31
12 March 2018	13.17	249.9
13 April 2018	6.17	117.01
15 May 2018	2.73	51.76

The number of satellite images available for 2015 is two, for 2013 and 2014 three images, a full range of images for 2017 and 2018.

We can see from table 1 that the area of the snow cover increases in winter and begins by decreasing in spring with the month of April, the maximum snow area in all months of April during the last five years is not passing 15 % from the whole study area approximately 283.53 km<sup>2</sup>.

The peak of the snow cover was in February 2017 with approximately 94 % we can say covering all the study area and more.

Beside Landsat OLI images, the elevation dataset used is from the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) released "ALOS World 3D-30m (AW3D30)", the global digital surface model (DSM) dataset with a horizontal resolution of approx. 30-meter mesh ( $1\times1$  arc second), free of charge. The AW3D30 have been utilized in a wide variety of applications such as map development, damage prediction of natural disasters, and water resource investigation [Tadono et al., 2016].

#### RESULTS OF RESEARH AND DISCUSSION

The relation of snow covers with terrain morphology is an important climatological factor influencing on the snow position, duration and melting. In this study we are seeking a link between the available snow covers and terrain parameters such: elevation, slope, aspect, insolation and insolation duration (fig. 7).

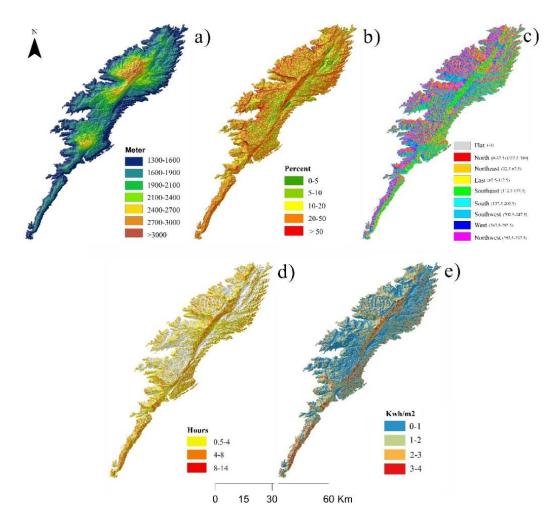


Fig.7. Terrain parameters maps of the study area: a) elevation interval, b) slope percentage, c) aspect, d) insolation duration, e) insolation

The DSM of the study area classified with an equal interval of 300 meters forming seven classes, the percentage of slope map generated in ArcMap classified in five classes from low to extreme terrain with slopes higher than 50 %. All terrain slopes are classified in all orientations.

The Solar radiation duration of the study area vary from 0 to 14 hours on the top of the hills in figure 3d the solar duration map classified in three classes low moderate and high solar duration.

The insolation is measured by kilo watt hour by square meter, the insolation strength varies from 0 to maximum 4 kwh/m<sup>2</sup>.

All classified terrain indices were cropped with each date of the snow cover to understand how the snow cover melting is acting with the relief.

The first calculated terrain index is the elevation interval of the study area, table 2 showing the areas of each interval of elevation covered by snow.

Elevation interval areas, % Snow cover date | 1300-1600 1600-1900 1900-2100 2100-2400 2400-2700 2700-3000 >3000 27 December 2013 0.61 5.07 5.41 6.33 4.06 2.38 0.06 21 March 2013 2.78 5.44 3.50 1.74 0.03 4.63 2 June 2013 0.39 1.29 0.02 1.17 12 November 2014 1.49 0.03 0.07 2.90 5.47 30 December 2014 0.08 0.60 2.30 0.07 3.72 18 April 2014 0.07 0.31 0.65 0.11 0.09 0.67 21 April 2015 1.94 2.69 2.03 0.06 7 May 2105 0.07 0.65 0.92 1.22 0.07 19 February 2016 10.95 0.08 2.36 16.26 8.39 4.57 2.62 23 April 2016 0.30 0.97 0.99 0.70 0.02 9 May 2016 0.01 0.38 0.46 0.40 0.01 16 February 2017 31.17 30.53 14.96 9.87 4.70 2.43 0.06 9.22 2.35 25 March 2017 0.42 8.63 8.02 4.41 0.07 10 April 2017 0.87 3.66 4.94 3.44 1.99 0.04 12 May 2017 0.10 1.15 1.47 1.15 0.02 0.03 7 January 2018 4.48 0.94 13.36 11.36 8.90 2.55 0.08 2.38 24 February 2018 0.02 5.74 11.04 8.32 4.45 0.06 12 March 2018 0.05 1.90 4.78 4.10 2.29 0.06 0.01 13 April 2018 1.15 2.74 2.19 0.07

Table 2. Percentage areas of the elevation interval

Starting from 2100 meters altitudes we notice that snow persists until spring (May) with different intervals related to the thickness from the snow-covered cover, the temperature which decreases with altitude the exposure of the slopes, the sunning. While at altitudes lower than 2100 meters the snow-covered cover is absent starting from March 2013 and April 2014, 2015 that is due initially to the anticyclone situations (situation of stability) which swept the area, and the temperatures which are higher at these altitudes. temperature data recorded from 8 different stations at different elevation levels were applied to obtain zonal temperature by extrapolating the station altitude to mean zone altitude with a certain temperature lapse rate. The relation between elevation and daily average temperature was developed for different stations. Temperature laps rate estimated is 5.6 °C/km.

0.05

1.10

0.04

1.53

15 May 2018

Slope aspect is known to play a major role in snow distribution [Elder et al., 2000; Marofi et al., 2011]. We notice that the accumulation of the snow cover is tiny on lower slopes < 5 % and higher > 50 % compared to the other classes. Accumulation maximum is recorded towards the slopes going from 20 % to 50 % in our study area (table 3).

Table 3. Slope divided into three groups, %

	Slope, %						
Snow cover	0-5	5-10	10-20	20-50	>50		
27 December 2013	1.2	2.9	7.5	11.1	1.0		
21 March2 013	1.3	3.5	9.7	15.2	1.0		
2 June 2013	0.1	0.3	0.9	1.7	0.0		
12 November 2014	0.1	0.2	0.6	0.8	0.5		
30 December 2014	0.5	1.6	4.7	7.8	0.5		
18 April 2014	0.0	0.1	0.3	0.6	0.0		
21 April 2015	0.2	0.6	1.9	4.5	0.4		
7 May 2105	0.1	0.2	0.8	1.8	0.1		
19 February 2016	1.6	4.3	12.8	24.1	2.4		
23 April 2016	0.1	0.3	0.8	1.8	0.1		
9 May 2016	0.0	0.1	0.3	0.7	0.0		
16 February 2017	3.8	9.1	27.0	47.5	5.2		
25 March 2017	1.2	3.4	9.9	17.0	1.7		
10 April 2017	0.6	1.6	4.4	7.8	0.6		
12 May 2017	0.1	0.4	1.2	2.1	0.1		
7 January 2018	1.7	4.8	13.1	20.2	1.8		
24 February 2018	1.2	3.4	10.0	16.4	1.1		
12 March 2018	0.5	1.3	3.8	7.2	0.5		
13 April 2018	0.2	0.5	1.8	3.4	0.2		
15 May 2018	0.1	0.3	0.9	1.5	0.0		

Table 4. Aspect areas

	Aspect areas, %								
Snow cover	Flat	North	Northeast	East	Southeast	South	Southwest	West	Northwest
27 December 2013	0.01	4.66	2.61	2.16	2.15	1.88	2.37	3.33	4.77
21 March 2013	_	5.07	3.51	3.23	3.41	3.42	3.73	3.87	4.52
2 June 2013	_	0.73	0.46	0.28	0.27	0.21	0.18	0.26	0.54
12 November 2014	_	0.27	0.18	0.15	0.12	0.15	0.19	0.21	0.33
30 December 2014	_	3.04	1.86	1.11	1.01	1.10	1.64	2.24	3.12
18 April 2014	_	0.31	0.15	0.06	0.06	0.08	0.08	0.10	0.19
21 April 2015	_	1.73	1.05	0.72	0.86	0.74	0.64	0.70	1.06
7 May 2105	_	0.74	0.55	0.37	0.33	0.25	0.18	0.17	0.35
19 February 2016	0.01	6.49	4.44	5.26	7.13	5.89	4.81	4.84	6.35
23 April 2016	_	0.86	0.65	0.40	0.33	0.17	0.10	0.12	0.33
9 May 2016	_	0.34	0.31	0.18	0.14	0.08	0.05	0.05	0.12
16 February 2017	0.02	13.92	8.82	9.35	13.29	12.97	10.09	10.62	14.65
25 March 2017	_	5.60	3.30	2.93	3.83	3.88	3.84	4.23	5.53
10 April 2017	_	2.47	1.57	1.32	1.85	1.84	1.79	1.85	2.25
12 May 2017	_	0.68	0.50	0.35	0.49	0.45	0.42	0.45	0.58
7 January 2018	0.01	4.99	3.76	4.54	6.54	6.45	5.20	4.87	5.32
24 February 2018	_	4.73	3.29	3.24	4.34	4.03	3.86	3.96	4.56
12 March 2018	_	2.45	1.56	1.22	1.55	1.36	1.39	1.56	2.08
13 April 2018	_	0.94	0.76	0.69	1.12	0.82	0.53	0.55	0.75
15 May 2018	_	0.57	0.32	0.21	0.21	0.18	0.23	0.38	0.63

What is well-known that the zones turned towards the South in full sun are well exposed to the radiations solar and the zones turned towards North are with the shelters or the shade. Received energy on the surface of the ground varies according to the season according to the orientation and of the slope. In the mountains the oppositions between the snowing up of the slopes according to the exposure to the sun represent a major fact. During the spring the snow melt of the adrets occurs a few weeks before the snow melt of the ubacs. The ubacs are less exposed to the solar radiation than the adrets but the differences in received energy vary according to the slope and from the period of the winter (table 4).

The solar insolation (table 5) plays a part more important than the temperatures in the fusion of the coat. Generally, snow is permeable with the solar rays up to 10 cm or 15 cm of depth. When the layer of snow is too thin, the solar rays heat the ground and the snow melt will be accelerating on base of nival cover. The calorific contribution is conditioned by the albedo of snow-covered surfaces. When snow is fresh, considered solar energy accounts for approximately 80 % of received energy. The albedo decreases up to 50 % for old snows.

	Percentage of areas of solar insolation (kwh/m²)				
Snow cover	0-1	1–2	2–3	3–4	
27 December 2013	13.10	7.01	2.46	1.38	
21 March 2013	16.97	9.01	3.18	1.60	
2 June 2013	1.74	0.84	0.22	0.12	
12 November 2014	0.86	0.42	0.18	0.13	
30 December 2014	7.99	4.57	1.72	0.85	
18 April 2014	0.64	0.28	0.08	0.03	
21 April 2015	3.62	2.46	0.85	0.57	
7 May 2105	1.60	0.89	0.23	0.21	
19 February 2016	23.15	14.13	5.33	2.63	
23 April 2016	1.84	0.81	0.18	0.14	
9 May 2016	0.84	0.32	0.06	0.04	
16 February 2017	49.45	28.98	10.64	4.67	
25 March 2017	17.84	10.18	3.56	1.55	
10 April 2017	7.97	4.65	1.59	0.74	
12 May 2017	2.09	1.22	0.40	0.21	
7 January 2018	20.93	13.58	4.53	2.64	
24 February 2018	17.29	9.74	3.35	1.63	
12 March 2018	6.74	4.18	1.46	0.80	
13 April 2018	2.92	2.06	0.66	0.52	

Table 5. Percentage of areas of solar insolation, kwh/m<sup>2</sup>

The evaluation of snowmelt is not only important in the effective utilization of water resources and the forecasting of flood runoff, but it also influences climate through the change in ground surface properties. The amount of snowmelt can be predicted if the energy exchange through the snow surface can be evaluated. The principal terms of the energy exchange are solar radiation, atmospheric radiation, emission from the snow surface, wind speed... in this present study we have used the statistic model for evaluation the snowmelt (fig. 8).

0.81

0.31

0.15

1.45

15 May 2018

As a final result of our study and based on NDSI index of the Landsat Oli images over five years by combining snow covers we built a prediction snow duration map of mount Lebanon, the snow duration on this map is not expressed in time but in melt speed from fast to slow with a gradient scale from red to blue the fast to slow melting speed on mount Lebanon.

According to this model it will be possible to know the regions that will be most vulnerable for snow melt, whether they will be exposed to meteorological parameters such as wind speed, high temperature, topographical dimension, exposure of slopes and orientation which play the major role for the melting and snow accumulation.

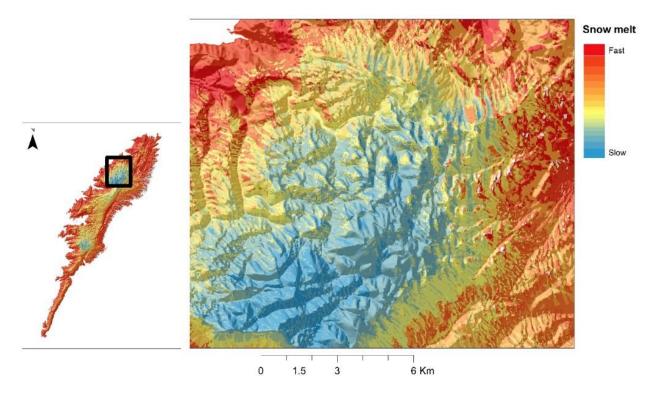


Fig.8. Snow duration map of mount Lebanon

#### CONCLUSIONS

In this paper, we demonstrated that snow cover could be mapped using Landsat 8 imagery with the application of NSDI index. Although the NSDI extracted snow cover at different date produced comparable results.

Lebanon is well-known in winter by the undulation of the Jet stream which will be able to draw thalwegs causing the invasions of the cold air above the tepid Mediterranean Sea, that will be able to reflect itself on the area by snowstorms sometimes on low altitudes. The results got according to the study of the satellite pictures representing different dates from the 2013 until 2018, showed that the surface of the snow-cover decreases around spring and it depends directly on the orientation of the slopes especially them which are in full sun and those which are with the shelters.

#### REFERENCES

- 1. *Brown B.D.*, *Braaten R.O.* Spatial and temporal variability of Canadian monthly snow depths, 1946–1995. Atmospheric Ocean, 1998. V. 36. No 1. P. 37–54.
- 2. *Doumit J.A.* Snow cover boundaries detection from Landsat imagery on Lebanese mountains. Collection of scientific studies "Geographic studies of Krasnodar Region". Krasnodar: Kuban state University, 2017. Iss. 1 (11). P. 155–163.
- 3. *Elder K.*, *Rosenthal W.*, *Davis R.* Estimating the spatial distribution of snow water equivalence in a montane watershed. Hydrological Processes, 1998. V. 12. P. 1793–1808.
- 4. *Hall D.K.*, *Chang A.T.C.*, *Foster J.L.* Seasonal and interannual observations and modeling of the snow-pack on the arctic coastal plain of Alaska using satellite data. Proceedings of the Cold Regions Hydrology Symposium. Fairbanks, AL: American Water Resources Association, 1987. P. 521–529.
- 5. *Hall D.K.*, *Riggs G.A.*, *Salomonson V.V.* Development of methods for mapping global snow cover using moderate resolution imaging spectroradiometer data. Remote Sensing of Environment, 1995. No 54 (2). P. 127–140.

- 6. *Kulkarni A.V.*, *Singh S.K.*, *Mathur P.*, *Mishra V.D.* Algorithm to monitor snow cover using AwiFs data of RESOURCESAT-1 for the Himalayan region. International Journal of Remote Sensing, 2006. V. 27. No 12. P. 2449-2457.
- 7. *Marofi S., Tabari H., Abyaneh H.Z.* Predicting spatial distribution of snow water equivalent using multivariate non-linear regression and computational intelligence methods. Water Resources Management, 2011. No 25 (5). P. 1417–1435.
- 8. Smith R., Bonneau L., Lee X., Woo L., Fein F. Yale Guide to Landsat 8 Image Processing. Viewed 6 September 2013. Web resource: http://www.yale.edu/ceo/Documentation/Landsat%208%20image%20processing.pdf (accessed 02.02.2018).
- 9. *Tadono T., Nagai H, Ishida H., Oda F., Naito S., Minakawa K., Iwamoto H.* Initial Validation of the 30 m-mesh Global Digital Surface Model Generated by ALOS PRISM. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS, 2016. V. XLI-B4. P. 157–162. 10. *Xiao X., Moore B., Qin X., Shen Z., Boles S.* Large-scale observations of alpine snow and ice cover in Asia: Using multi-temporal VEGETATION sensor data. International Journal of Remote Sensing, 2002. V. 23. No 11. P. 2213–2228.

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-28-33

Qiming Zhou<sup>1</sup>

# CHANGES AND VARIATIONS OF THE TERRESTRIAL WATER STORAGE ANOMALY OVER THE CORE AREA OF THE SILK ROAD

#### **ABSTRACT**

Terrestrial water storage (TWS) plays important role in the food supplies, human and ecosystem health in the world, especially in the arid regions. Therefore, in this study, the changes and variabilities of the TWS anomaly (TWSA) derived from the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellite dataset are explored over the arid regions of Central Asia during 2003–2014. The total monthly TWSA is decomposed into long-term, seasonal and residual components by the Seasonal Trend decomposition using Loess (STL) method. The linear trends of the long-term components are analyzed in time and space to reveal the spatiotemporal features of the monthly TWSA. To address the dominant spatial mode of the TWSA, the empirical orthogonal function (EOF) method is employed for the monthly TWSA. The major results show that the arid regions of Central Asia have experienced a significant terrestrial water depletion with the rate of -0.44 mm/month based on the long-term component of the monthly TWSA in 2003–2014. Among the four seasons, spring has the largest TWS caused by the increased snowmelt water with the more precipitation and warm climate. The smallest TWS is detected in autumn. For the spatial features of TWSA, the water depletion centers appear in the small part areas of southwestern Kazakhstan (KAZ), part areas of northwestern Uzbekistan (UZB) and Turkmenistan (TKM). While the increasing linear trends mainly appear in southern Tarrim basin and Kunlun Mountain, and part areas of northeastern KAZ. These spatial variations are consistent with the EOF result. This preliminary investigation in the TWS variations is valuable for scientists and decision-makers in formulating scientifically based approaches and policies for water resource management over the arid regions of Central Asia.

**KEYWORDS:** terrestrial water storage anomaly, assessment and simulation, Silk Road, GRACE satellite dataset

#### INTRODUCTION

In global water cycle, water precipitates from the atmosphere, travels on the surface and through groundwater to the oceans, and evaporates or transpires back to the atmosphere from land or evaporates from the oceans [Oki, Kanae, 2006]. During this cycling, water molecules pass repeatedly through solid, liquid and gaseous phases between land, the oceans, and the atmosphere. The total terrestrial evapotranspiration is about  $65.5 \times 103 \text{ km}^3/\text{year}$ . For the water storage, oceans have the largest water with the volume of  $1,338,000 \times 10^3 \text{ km}^3$ , followed by the glacier and snow  $(24,064 \times 10^3 \text{ km}^3)$ , and groundwater  $(23,400 \times 10^3 \text{ km}^3)$  [ibid].

As the major part of the renewable freshwater resources, terrestrial water storage (TWS) includes the surface water storage (SWS, including canopy interception, reservoirs, wetlands and rivers, lakes and snow water equivalent), soil moisture storage (SMS), and groundwater storage (GWS) [Long et al., 2017]. TWS has been profoundly influenced by climate change and variability and extensive anthropogenic activities which resulted in changes in the hydrological cycle, threatening sustainable water use and agricultural production [Piao et al., 2010; Long et al., 2016].

<sup>1</sup> Hong Kong Baptist University, Baptist University Road, 15, Kowloon Tong, Hong Kong, China, *e-mail:* **qiming@hkbu.edu.hk** 

The increase in surface temperatures has important consequences for the hydrological cycle, especially in regions where water supply is currently dominated by melting snow or ice [Barnett et al., 2005]. Climate variability and change influences groundwater systems both directly through replenishment by recharge and indirectly through changes in groundwater use which are modified by human activities [Taylor et al., 2013].

Satellite remote sensing products have been proven efficient to monitoring the water storages and fluxes in space and time in a changing world with truly global perspectives. Launched in 2002, the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) satellites have been likened to giant weighing scales in the sky which monitor monthly changes in mass as water storage increases or decreases related to climate variability and human activity. With a monthly temporal resolution GRACE can resolve TWS anomaly (TWSA) with sufficient accuracy over scales which range from approximately 200 000 km² at low latitudes to about 90 000 km² near the poles [Tapely et al., 2004]. GRACE satellite datasets have been widely used in identifying the TWS variations over regional and global scales [Long et al., 2017], analyzing applications of TWS to groundwater, flood and drought, and glaciers mass balance [Yeh et al., 2006], discussing the effects of climate change and human activities on TWS variations.

As the core area of Silk Road, the arid regions of Central Asia have the sensitive and vulnerable ecosystem to the water resource. The main sources of water in this region come from high mountain glaciers, seasonal snowmelt, mid-altitude mountain precipitation, and water emanating from fractured bedrock on the lower mountain slopes. The fragile balance of the water cycle shows unstable spatiotemporal features that reflect climatic change and intensive human activity [Chen, 2012]. However, there are few literatures about the changes and variations of TWSA over Central Asia. Therefore, in this study, the spatiotemporal features of TWSA derived by the GRACE satellite dataset are explored including the linear trend and the dominant spatial pattern.

#### MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

The arid regions of Central Asia, including the five states of Central Asia (CAS5) [i.e. Kazakhstan (KAZ), Uzbekistan (UZB), Kyrgyzstan (KGZ), Tajikistan (TJK), and Turkmenistan (TKM)] and the northwest China (NW), the major mountainous (i.e. Altai Mountain, Tianshan Mouontain and Kunlun Mountain), and the major lakes and rivers include the Balkhash Lake, Issyk-Kul Lake, Aral Sea, Syr Darya, Amu Darya and Tarrim River (fig. 1).

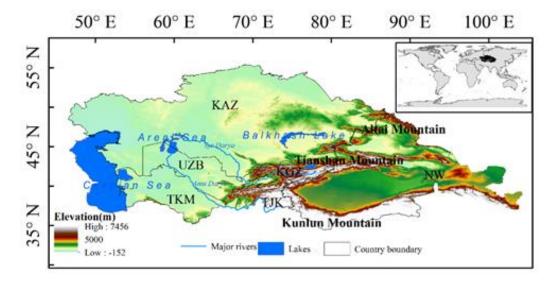


Fig. 1. Study area of the arid regions of Central Asia, including the major mountainous and the major lakes and rivers

The GRACE twin satellites, launched in March 2002, are used to measure the Earth's gravity field changes and to investigate the water reservoirs over land, ice and oceans [Tapley et al., 2004]. The monthly GRACE Tellus Level-3 products provide the surface mass changes, with most geophysical corrections applied, to analyze changes in the mass of the Earth's hydrologic, cryospheric and oceanographic components (https://grace.jpl.nasa.gov/mission/ grace/). In this study, the Release 5 (RL05) of the Centre for Space Research (CSR) with the spatial resolution of 1°×1° during 2003–2014 is considered (https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/).

The Seasonal Trend decomposition using Loess (STL) was used to decompose TWSA monthly time series as follows:

$$S_{total} = S_{long-term} + S_{seasonal} + S_{residual}$$

where the original signal ( $S_{total}$ ) is decomposed into long-term, seasonal, and residual components, based on procedures outlined in previous study [Scanlon et al., 2018]. The long-term signal is further decomposed into linear and non-linear (inte-rannual) components by fitting a trend using least squares linear regression and attributing the remaining long-term signal to inte-rannual signal. The residuals reflect sub-seasonal signal and noise. Therefore, the TWSA trends in this study refer to the linear trends (K) estimated from the long-term signal after STL analysis. The statistic significant of K is tested by Student's t-test at 95 and 99 % confidence levels (p<0.05 and p<0.01).

The spatial-temporal structures of the long-term variations of the monthly TWSA of the eight datasets are examined by the empirical orthogonal function (EOF) analyses (Lorenz, 1956). EOF analyses can identify the dominant spatial pattern according to the spatial mode (EOF mode) and obtain the corresponding time coefficients which explain the magnitude of the variation of each EOF model of the monthly TWSA. Following North et al. (1982), a significance test is applied to distinguish the physical signal from the noise in the EOF.

# **RESULTS OF RESEARCH AND DISCUSSION Decomposition result of STL**

For the monthly TWSA variations, the decomposition results of STL are displayed in fig. 2. A statistically significant decreasing linear trend of the long-term composent with the rate of -0.44 mm/month is observed at the 99 % confidence level (p<0.01) which indicates the remarkable water depletion over Central Asia during 2002–2014. This water depletion is resulted in by the warmed temperature and the incresed water withdrawal with the rapid ecomonic development [Deng, 2018]. For the seasonal composent, the positive TWSA appears from February to July and the negetive TWSA is detected from August and January with the largest TWSA in April (36.27mm) and the smallest TWSA in October (-40.01mm) (fig. 2). In addition, among the four seasons, the spring has the largest water resource (TWSA=33.03mm) which is caused by the increasing of snowmelt with the warming climate and the increased precipitation during the last three decades [Hu et al., 2014; Chen et al., 2018]. The autumn has the smallest water resource that is caused by the large water use and little precipitation [Chen et al., 2018]. Moreover, the long-term and seasonal composents expalin more than 90 % variance of the monthly TWSA and the residual composent only accout for less than 10 % TWSA variability by a simple computing.

For the spatial distribution of the linear trends of the long-term composents of the monthly TWSA over Central Asia, about 85 % areas have the decreasing linear trends of the long-term composents of the monthly TWSA with the decreasing centers in the small part areas of southwestern KAZ, part areas of northwestern UZB and TKM (fig. 3). The increasing linear trends mainly appear in southern Tarrim basin and Kunlun Mountain, and part areas of northeastern KAZ.

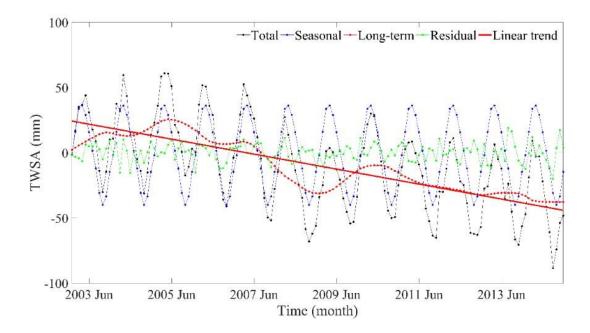


Fig. 2. The seasonal trend decomposition using loess (STL) results of monthly TWSA from CSR in 2003–2014, total, seasonal, long-term, residual components and the linear trend corresponding to the long-term component

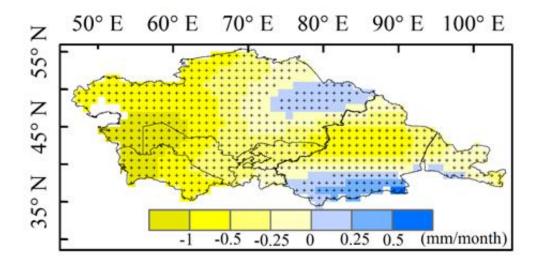


Fig. 3. Spatial distributions of the linear trends from the longterm components of the monthly CSR TWSA

#### **EOF** result of the monthly TWSA

To have a furthure research on the spatial features of the water resource over Central Asia during 2003–2014, the EOF method is applied to the monthly TWSA in fig. 4. Almost all the areas of Central Asia show the positive values from the EOF-1 result which indicates the consistent water depletion variations. The negative EOF-1 values exist in the small part areas of southeastern Xinjiang and southern Hexi Corrion (fig. 4). Furthermore, EOF-1 mode explains 72 % variance of the spatial variability of the monthly TWSA that is statistically significant at the 95 % confidence level.

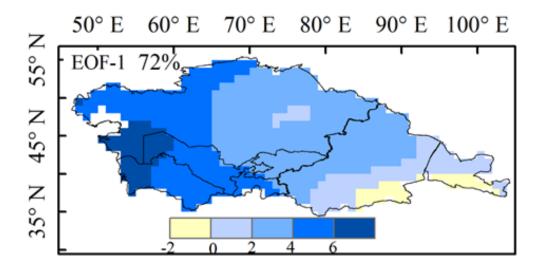


Fig. 4. EOF-1 of the monthly TWSA from CSR dataset

#### **CONCLUSIONS**

In this study, the changes and variabilities of the TWSA derived from the GRACE satellite dataset are explored over the arid regions of Central Asia during 2003–2014. The total monthly TWSA is decomposed into long-term, seasonal and residual components by the STL method. The linear trends of the long-term components are analyzed in time and space to reveal the spatiotemporal features of the monthly TWSA. To address the dominant spatial mode of the TWSA, EOF method is employed for the monthly TWSA. The major results are concluded as follows.

In 2003–2014, the arid regions of Central Asia have experinced a significant terrestrial water depletion with the rate of -0.44 mm/month based on the long-term component of the monthly TWSA. Among the four seasons, spring has the largest TWS cased by the increased snowmelt water with the more precipitation and warm climate. The smallest TWS is detected in autumn. This depletion may be caused by the climate variations and human activities. For the spatial features of TWSA, the water depletion centers appear in the small part areas of southwestern KAZ, part areas of northwestern UZB and TKM. While the increasing linear trends mainly appear in southern Tarrim basin and Kunlun Mountain, and part areas of northeastern KAZ. These spatial variations are consistent with the EOF result.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Hong Kong Baptist University Faculty Research Grant (FRG2/17-18/030).

#### **REFERENCES**

- 1. *Barnett T.*, *Adam J.*, *Lettenmaier D.* Potential impacts of a warming climate on water availability in snow-dominated regions. Nature, 2005. V. 438. P. 303–309.
- 2. *Chen X*. Retrieval and Analysis of Evapotranspiration in Central Areas of Asia. Beijing: China Meteorological Press, 2012. P. 111–112 (in Chinese).
- 3. *Chen X.*, *Wang S.*, *Hu Z.* Spatiotemporal characteristics of seasonal precipitation and their Relationships with ENSO in Central Asia during 1901–2013. Journal of Geographical Sciences, 2018. V. 28. P. 1341–1368.
- 4. *Deng M*. "ThreeWater Lines" strategy: Its spatial patterns and effects on water resources allocation in northwest China. Acta Geographica Sinica, 2018. V. 7. P. 1189–1203.
- 5. *Hu Z.*, *Zhou Q.*, *Chen X.* Temperature changes in Central Asia from 1979–2011 based on multiple datasets. Journal of Climate, 2014. V. 27. P. 1143–1167.

- 6. Long D., Chen X., Scanlon B. et al. Have GRACE satellites overestimated groundwater depletion in the Northwest India Aquifer? Scientific Reports. Nature Publishing Group, 2016. V. 6. P. 24398.
- 7. Long D., Pan Y., Zhou J. Global analysis of spatiotemporal variability in merged total water storage changes using multiple GRACE products and global hydrological models. Remote Sensing of Environment, 2017. V. 192. P. 198–216.
- 8. *Oki T., Kanae S.* Global hydrological cycles and world water resources. Science, 2006. V. 313. P. 1068–1072.
- 9. Piao S., Ciais P., Huang Y., Shen Z., Peng Sh., Li J., Zhou L., Liu H., Ma Yu., Ding Yi., Friedlingstein P., Liu Ch., Tan K., Yu Y., Zhang T., Fang J. The impacts of climate change on water resources and agriculture in China. Nature, 2010. V. 467. P. 44–51.
- 10. Scanlon B., Zhang Z. Save, H., Sun A.Y., Müller Schmied H., van Beek L.P.H., Wiese D.N., Wada Y., Long D., Reedy R.C., Longuevergne L., Döll P., Bierkens M.F.P. Global models underestimate large decadal declining and rising water storage trends relative to GRACE satellite data. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018. V. 115. P. E1080–E1089.
- 11. *Tapley, B.D., Bettadpur, S., Ries, J., Thompson P.F., Watkins M.M.* GRACE measurements of mass variability in the Earth system. Science, 2004. V. 305. P. 503–505.
- 12. Taylor R., Scanlon B., Doll P., Rodell M., van Beek R., Wada Y., Longuevergne L., Leblanc M., Famiglietti J.S., Edmunds M., Konikow L., Green T.R., Chen J., Taniguchi M., Bierkens M.F.P., MacDonald A., Fan Y., Maxwell R.M., Yechieli Y., Gurdak J.J., Allen D.M., Shamsudduha M., Hiscock K., Yeh P. J.-F., Holman I., Treidel H. Ground water and climate change. Nature Climate Change, 2013. V. 3. P. 322–329.
- 13. Yeh P., Swenson S., Famiglietti J., Rodell M. Remote sensing of groundwater storage changes in Illinois using the Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). Water Resources Research, 2006. V. 42. P. W12203.

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-34-42

Samar C. Sakr<sup>1</sup>

### LA POLLUTION PAR L'OZONE A BEYROUTH: VARIABILITÉ DES CONCENTRATIONS ENTRE LA ZONE URBAINE ET LA ZONE PÉRIPHÉRIQUE

#### RÉSUMÉ

L'étude de la distribution des concentrations moyennes d'ozone au cours de la saison photochimique montre un rythme quotidien avec un minimum matinal, et un maximum entre midi et 16 h pour la station située en milieu urbain de trafic dense et la station périurbaine. A l'échelle hebdomadaire, la teneur en ozone est relativement élevée samedi et le dimanche (effet week-end) et baisse le vendredi à cause de l'intensification du trafic routier attestée par une hausse des concentrations en oxydes d'azote ( $NO_x$ ). D'autre part pour la station située en zone périurbaine ayant un trafic moins dense les taux diurnes sont plus prononcée surtout dans l'après-midi et la période nocturne. L'analyse fréquentielle des concentrations maximales d'ozone montre, à l'échelle journalière, que la moitié de l'effectif total des dépassements s'effectue entre midi et 18 h. Les dépassements de la norme 180  $\mu g/m^3$  sont enregistrés dans 90 % des cas avec un vent inférieur allant de 3 à 4 m/s. La rose de pollution confirme qu'il s'agit de situations de brise de mer le jour et de brise de terre la nuit.

MOTS-CLÉS: pollution atmosphérique, ozone, Beyrouth

Samar C. Sakr<sup>2</sup>

### OZONE POLLUTION IN BEIRUT: VARIABILITY OF CONCENTRATIONS BETWEEN THE URBAN ZONE AND THE PERIPHERAL ZONE

#### **ABSTRACT**

The study of the distribution of the average ozone concentrations during the photochemical season shows a daily rhythm with a morning minimum, and a maximum between midday and 16:00 for the station located in urban environment of dense traffic and a station with a lower traffic. On a weekly scale, the content ozone is relatively high Saturday and Sunday (weekend effect) and lowers Friday because of the intensification of the road traffic attested by a rise of the nitrogen oxide concentrations (NO<sub>x</sub>). In addition, for the station located in zone having a less dense traffic the diurnal rates are especially more marked during the afternoon and the night time. The frequently analysis of the maximum ozone concentrations shows, on the scale day, that half of the total staff complement of the goings beyond is carried out between midday and 18:00. The goings beyond standard 180  $\mu$ g/m³ are recorded in 90 % of the case with a wind going from 3 to 4 m/s. The pink of pollution confirms that they are situations of breeze of sea the day and land breeze the night.

**KEYWORDS:** atmospheric pollution, ozone, Beirut

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Université Libanaise, département de géographie, faculté des lettres et sciences humaines, Fanar, Liban, *e-mail:* samarsakr2005@hotmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lebanese University, department of geography, Faculty of Literatures and Human sciences, Fanar, Lebanon, *e-mail:* samarsakr2005@hotmail.com

#### INTRODUCTION

Au cours des deux dernières décennies, la plupart des pays en voie de développement ont rejoint et souvent dépassé les nations anciennement industrialisées sur le plan de la pollution atmosphérique par suite de l'accroissement de la production industrielle et de la circulation des véhicules à moteur, en l'absence de toutes mesures destinées à limiter les émissions polluantes. Les taux d'O<sub>3</sub> et de NO<sub>2</sub> fréquemment élevés en période estivale (à cause de l'influence des rayons ultra-violet sur la photochimie des polluants) sont dangereux dans le cadre de leurs effets nocifs sur la santé de l'homme (irritation du système respiratoire, crise d'asthme, allergie). Suite aux effets constatés de ces polluants sur l'homme, il semble important d'étudier leur répartition spatiale et temporelle durant les épisodes de pollution. Les brises thermiques peuvent modifier les conditions de dispersion des polluants et peuvent par des phénomènes d'accumulation et de recirculation accentuer ou réduire les problèmes de pollution atmosphérique. Plusieurs chercheurs [Millan et al., 1997; Kambezidis et al., 1998; Cros, 1999; Clappier et al., 2000; Cheng et al., 2002; Liu, Chang, 2002] ont montré que les problèmes de forte pollution atmosphérique sont liés à des particularités météorologiques et géographiques de certaines régions.

Mais la répartition spatiale et temporelle de ces gaz durant les situations de brises reste encore inconnue à Beyrouth compte tenu de systèmes complexes de brises qui transportent les polluants, et de l'absence de mesures en continu sur une longue période. L'objectif de ce travail est de comprendre la variabilité spatiale de l'ozone dans la région d'étude et de comprendre sa relation avec les conditions météorologiques afin de mettre en évidence les situations propices aux fortes concentrations d'ozone.

#### **RÉGION D'ÉTUDE**

Le lieu retenu pour l'étude est la région de Beyrouth (33°52'48"N et 35°29'60"E), la capitale du Liban. C'est une région littorale située sur la rive Est de la mer méditerranéenne. Elle est caractérisée par une variété de paysages complexes et d'une occupation du sol contrastée, comportant une plaine assez étroite (de 8 à 4 km à vol d'oiseau de la mer au pied de la chaîne du Mont-Liban) se projetant dans la mer par la falaise de Ras Beyrouth et limitée à l'Ouest par un massif calcaire montagneux assez élevé incisé par des vallées encaissées. La région métropolitaine de Beyrouth représente un tissu urbain très dense et continu, se prolongeant vers les crêtes en évitant toutefois les vallées aux pentes les plus fortes (2 % du tissu urbain se développe sur les pentes supérieures à 60 %).

La zone d'étude dépasse la ville de Beyrouth pour s'étendre à la région métropolitaine de Beyrouth dont la population regroupe 33 % de la population libanaise. La région est caractérisée par un tissu urbain très dense, comportant des immeubles de taille plus élevés que le reste du pays (les constructions ont plus de 4 étages). Elle regroupe les activités économiques les plus importantes du pays. Elle constitue une zone de fortes émissions polluantes, surtout pour le trafic routier. La topographie favorise aussi d'importantes perturbations pour l'aérologie locale [Sakr, 2018 a]. Elle représente une zone à risque concernant la pollution atmosphérique (fig. 1).

#### DONNEES ET MÉTHODES DE RECHERCHE

Les données utilisées regroupent les données de l'ozone et les données météorologiques:

• Les données de la qualité de l'air: il s'agit des enregistrements horaires de l'ozone (O<sub>3</sub>), recueillies d'un capteur Cairpatch implanté, au centre-ville, à proximité de l'axe périphérique de la région qui relie le Nord libanais au centre-ville. La période retenue s'étend sur 3 mois: juin juillet et aout (2017 et 2018). Le deuxième capteur est implanté dans une zone périurbaine à l'abris des axes à forte circulation (fig. 1). L'échelle temporelle utilisée est à pas de temps horaire. Une étude statistique des nombres de dépassement des seuils de pollution par l'ozone a été ensuite adoptée permettant de mettre en évidence le comportement temporel des pics de pollution à échelle fine.

• Les données météorologiques utilisées regroupent la vitesse et la direction du vent de la station météorologique de l'aéroport international de Beyrouth implantée à 15 mètres d'altitude en bordure de la côte. Elle est située à 10 mètres du sol dans un lieu dégagé de tout obstacle. L'étude de la circulation des brises est basée sur l'utilisation des données enregistrées à un pas de temps horaire pour déterminer les modifications induites par l'arrivée des brises. Un anémomètre-girouette sans fil Vion C6500 enregistrable a été implanté à proximité du capteur Cairpatch à 10 mètres du sol afin de trouver des éléments de réponses expliquant les pics d'ozone et temps associés.

Les données d'ozone retenues sont relevées durant la saison photochimique, qui se déroule, selon la littérature, durant la période estivale: il s'agit de la saison photochimique: c'est l'intensité du rayonnement UV qui régit ces réactions chimiques. Nous avons retenu le seuil de recommandation et d'information horaire français (180  $\mu$ g/m³), au-delà duquel une exposition de courte durée représente un risque pour les personnes sensibles. Les heures mentionnées sont en temps local.

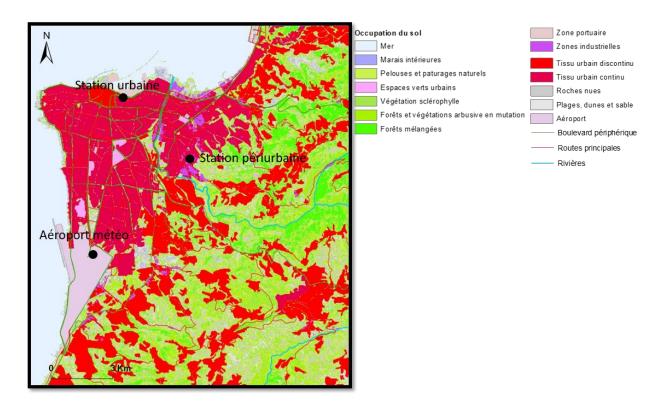


Fig. 1. La region d'étude regroupant les stations de mesures de l'ozone et la station météorologique
Fig. 1. Area of research of ozone stations and weather station

#### RÉSULTATS DE LA RECHERCHE ET DISCUSSION

#### Concentrations movennes diurnes d'ozone pendant la période photochimique

Située près de la côte, à proximité d'un axe principal de circulation routier, la station urbaine subit l'influence des brises thermiques [Sakr, 2018 b] et anthropique (émission des polluants primaires). L'analyse des variations intra-journalières des concentrations moyennes d'ozone au cours de la saison photochimique montre un rythme quotidien en phase avec l'intensité du rayonnement solaire (fig. 2). En effet, après un minimum matinal à 7 h inférieur à 40 µg/m³, une hausse relativement forte des teneurs en ozone de 140 µg/m³ a été observée jusqu'à 12 h

parallèlement à l'intensification des rayonnements ultraviolets. Cette croissance diminue à partir de 16 h 00 formant un palier de 12 h à 16 h avec un maximum de pollution par l'ozone. Durant cette période, l'intensité des deux processus de production et de destruction sont comparables [Martin, 2008]. Quant à la station périurbaine on remarque des taux plus accentuées d'ozone pendant la journée. Dans la périphérie des agglomérations comme dans les centres-villes le poids du trafic automobile participe au renforcement de la production d'ozone au cours de la journée et à sa destruction au cours de la nuit. Les niveaux d'ozone sont plus élevés en milieu périurbain que dans les stations urbaines denses. Le dioxyde d'azote et l'ozone formés localement peuvent dépendre de plusieurs éléments, influencés par des perturbations liées aux activités humaines et au milieu. L'ozone formé au sol pourrait être également détruit par les mêmes polluants qui sont à l'origine de sa formation surtout par le monoxyde d'azote. En milieu urbain les concentrations d'ozone sont en général basses car leur destruction par les monoxydes d'azote émis par le trafic routier est importante. En zone périurbaine les concentrations d'ozone sont plus prononcées car les effets destructifs sont moins importants en raison d'un trafic routier moins dense, alors que les concentrations en dioxyde d'azote sont moins élevées qu'en zones urbaines.

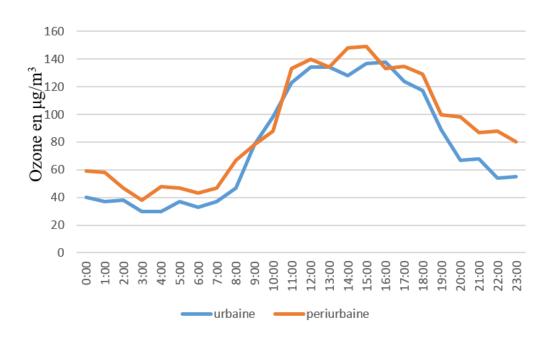


Fig. 2. Moyennes horaires des concentrations de l'ozone durant la période estivale 2017 et 2018 Fig. 2. Hourly mean ozone concentrations during the summer months of 2017 and 2018

A partir de 18 h, une baisse ponctuelle des taux d'ozone est constatée. Elle est due, vraisemblablement, à la destruction d'ozone sur place, parallèlement à une remontée des concentrations en NO<sub>x</sub>/h associées à une forte circulation automobile: le processus de destruction d'ozone s'accélère. A 20 h, un palier s'amorce et se poursuit jusqu'à minuit suivi d'une nouvelle baisse, qui se termine le lendemain vers 7 h quand le cycle recommence. Comme il est produit à partir du rayonnement solaire l'ozone présente un cycle diurne. Le soir, en absence du soleil, sa production s'arrête et en raison de sa destruction par les monoxydes d'azote émis par le trafic routier, les concentrations de ce gaz diminuent. Par contre, le jour, au lever du soleil, l'ozone augmente en raison de la transformation photochimique des oxydes d'azote. De plus, en période d'inversion thermique, un afflux d'ozone plus ancien (1 journée ou plus) en altitude peut venir s'ajouter aux molécules formées le matin.

# Régime hebdomadaire d'ozone: l'effet Week-end

A l'échelle hebdomadaire, des moyennes sur les 2 ans (fig. 3) montrent des concentrations relativement élevées samedi et le dimanche, de l'ordre de 120 µg/m³. L'effet "week-end" (WE) se réfère à des changements dans les concentrations d'ozone au niveau du sol résultant de la baisse du trafic routier en fin de semaine. Ce phénomène a été observé dans beaucoup d'autres atmosphères urbaines polluées. Cependant, nous avons enregistré les taux d'ozone les plus bas le vendredi, parallèlement à l'intensification du trafic, le flux qui se dirige vers les régions montagnardes pour passer les week-end.

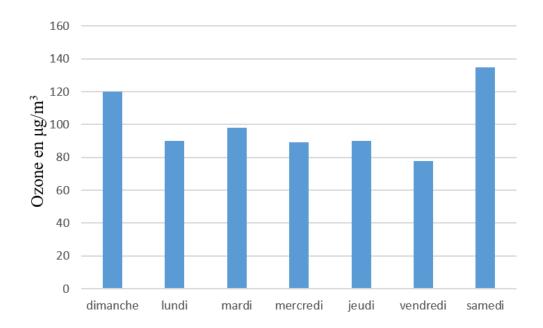


Fig. 3. Moyennes journalières des concentrations d'ozone de la station urbaine en juin, juillet et aout de 2017 et 2018

Fig. 3. Average daily ozone concentrations at the urban station in June, July and August 2017 and 2018

# Variations journalières des concentrations maximales d'ozone

Le seuil de 180 µg/m³ a été dépassé durant 9 % des enregistrements horaires durant les années 2017, 2018 pour la station urbaine et 15 % pour la station périurbaine. 54 % de ces dépassements sont relevés entre midi et 19 h pour la station urbaine et 60 % pour la station périurbaine. Des concentrations élevées demeurent abondantes durant la nuit de 23 h à 3 h (fig. 4). La rose de pollution comprenant le nombre de dépassements du seuil de pollution par l'ozone en fonction des directions du vent montre que les enregistrements diurnes correspondent à des situations de brise de mer caractérisées par un vent modéré soufflant principalement des secteurs compris entre le sud-ouest et le nord-ouest (fig.5). En revanche, les dépassements nocturnes de seuils sont associés à des vents venant du sud-est au nord-est; il s'agit de la brise de terre.

### Variations des concentrations en cycle de brise situation de 18 et 19 aout 2017

Les brises de mer et de terre, et les brises de pente sont des circulations connues pour leur rôle dans le transport des polluants au-dessus des espaces urbains et industriels côtiers, nombreuses sont les études faites dans ce domaine [Romero, Ramis, 1996; Kambezidis et al., 1998; Liu, Chang, 2002; Cheng, 2002]. Les épisodes de dépassement enregistrés pendant la saison photochimique sont fortement corrélés aux situations de brise (alternance entre brise de mer et brise de terre)

associées à un temps radiatif avec ciel clair et vent faible à modéré, comme le montre l'exemple de l'épisode du 18 au 19 aout 2017. Nous avons examiné simultanément la variation horaire des concentrations en ozone et la variation de la direction et de la vitesse du vent enregistré par la station de l'aéroport international de Beyrouth et à proximité de la station urbaine de mesure de l'ozone.

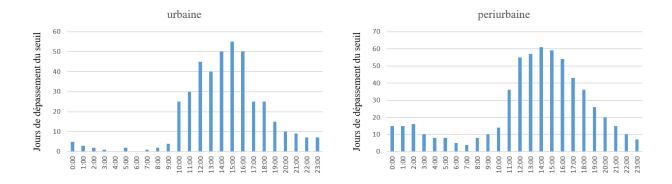


Fig. 4. Nombre de jours de dépassement du seuil 180 μg/m³ durant la saison photochimique pour les deux types de stations

Fig. 4. Number of days exceeding the  $180 \mu g/m^3$  threshold during the photochemical season for both types of stations

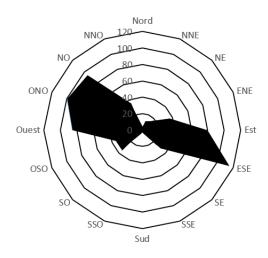


Fig. 5. Rose des vents corrélés avec le nombre de dépassement de l'ozone durant la période d'étude

Fig. 5. Wind rose correlated with the number of ozone exceedences during the study period

La situation synoptique en altitude durant ces 2 jours de brises se caractérisait par la présence d'un champ de haute pression dessinant une légère dorsale au-dessus du Moyen-Orient alors qu'en surface nous avions une situation de stabilité avec un champ de pression au-dessus du Liban de 1008 à 1010 hectopascals. La brise de mer est apparue le 18 aout premier jour de cycle de brise vers 10 heures temps local aux stations de l'aéroport et celle située à proximité de la station urbaine (fig. 6) le changement de direction du vent est accompagné par une augmentation de sa vitesse.

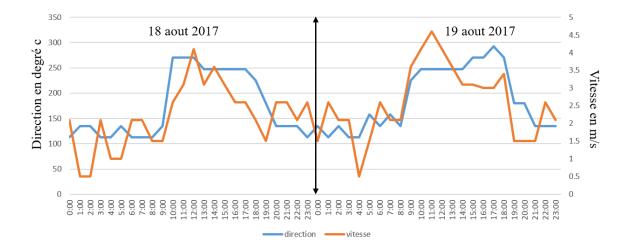


Fig. 6. Direction et vitesse du vent enregistrées lors d'un cycle de brise le 18 et 19 aout 1017 Fig. 6. Wind direction and speed recorded during a breezy cycle on 18 and 19 August 1017

Dans la station urbaine et périurbaine, le pic d'ozone est relevé entre 12 h et 16 h quand la brise de mer est active (vitesse de 4 m/s). Toutefois, des concentrations élevées persistent après le coucher du soleil jusqu'à 3 h du matin surtout pour la station périurbaine en raison de la hauteur réduite de la couche limite par temps de brise la nuit et sous l'effet de la brise de terre (vent soufflant du sud-est) réacheminant les panaches d'ozone affrétés le jours par la brise de mer vers l'intérieur comme le montre la figure 6 et 7. En effet, cette dernière montre qu'une partie des concentrations supérieures à 180 µg/m³ est observée par vent de l'ouest (270°). Or, cette direction est observée en phase de brise de mer durant le jour les radiations solaires aident à la fabrication de l'ozone en présence des oxydes d'azote provenant du trafic routier intense en ville. L'absence de polluants primaires comme les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), la nuit, empêche la destruction de l'ozone [Martin, Carrega, 2007] surtout dans la station périurbaine qui enregistre la nuit des taux plus élevés que celle de la station urbaine.

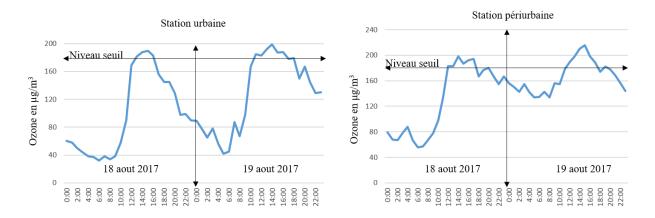


Fig. 7. Taux d'ozone enregistrés en temps de brise dans une station urbaine et périurbaine Fig. 7. Ozone levels recorded in breeze weather in an urban and peri-urban station

### **CONCLUSIONS**

Dans notre présente étude nous avons pu mettre en évidence la fluctuation des taux d'ozone à partir de l'implantation de deux capteurs représentant deux types de stations différentes, une à proximité d'un trafic dense et l'autre dans une zone périurbaine ayant un trafic moins dense. Les

résultats obtenus montrent que la variabilité spatiale et temporelle de l'ozone a l'échelle journalière est habituelle avec un maximum de concentration allant de midi à l'après-midi à cause de la forte insolation, et un minimum en fin de nuit avec la forte stabilité atmosphérique. A l'échelle hebdomadaire, le régime des valeurs d'ozone parait bien corrélé aux concentrations des oxydes d'azote. Cet aspect se dévoile principalement le week-end avec la dégradation du trafic automobile à proximité de la station, d'où l'augmentation de la pollution par l'ozone. De même, l'intensification du trafic routier le vendredi donne la situation inverse. L'analyse d'un cycle de brise avec une alternance de brises de mer et de terre montre que les concentrations d'ozone deviennent parfois critiques en dépassant le niveau seuil dans les deux types de stations.

### **BIBLIOGRAPHIE**

- 1. *Cheng W. L.* Ozone distribution in coastal center Taiwan under sea-breeze conditions. Atmospheric Environment, 2002. V. 36. P. 3445–3459.
- 2. Clappier A., Martilla A., Grossi P., Thunis P., Pasi F., Krueger B.C., Calpini B., Graziani G., Van Der Berch H. Effect of sea breeze on air pollution in the greater Athens area: Part I Numerical simulation and field observations. Journal of Applied Meteorology, 2000. V. 39. P. 546–562.
- 3. *Cros B*. Expérience sur site pour contraindre les modèles de pollution atmosphérique et de transport d'émissions. Colloque Premiqual Predit. Toulouse, 1999. 29 novembre 1 décembre.
- 4. *Kambizidis H.D.*, *Weidauer D.*, *Melas D.*, *Ulbricht L.M.* Air quality in the Athens basin during sea breeze and non-sea breeze days using laser remote sensing technique. Atmospheric Environment, 1998. V. 32. P. 2173–2182.
- 5. *Liu H.*, *Chang J.C.L.* An investigation of air pollutant patterns under sea–land breezes during a severe air-pollution episode in Hong Kong. Atmospheric Environment, 2002. V. 36. P. 591–601.
- 6. *Martin N.*, *Carrega P*. Étude de la pollution par l'ozone à échelle fine, premières mesures itinérantes dans les Alpes-Maritimes. XXème colloque de l'Association Internationale de Climatologie. Tunis, 2007. P. 363–368.
- 7. *Martin N*. La pollution par l'ozone et la climatologie dans un espace méditerranéen. Les Alpes Maritimes. Thèse de doctorat. Antipolis: Université de Nice-Sophia, 2008. 281 p.
- 8. *Millan M.., Salvador R., Mantilla E., Kallos G.* Photo oxidants dynamics in the Mediterranean basin in summer: results from European research projects. Journal of Geophysical Research, 1997. V. 102. P. 8811–8823.
- 9. *Romero R.*, *Ramis C.* A numerical study of the transport and diffusion of coastal pollutants during the breeze cycle in the island of Mallorca. Annales Geophysicae, 1996. V. 14. P. 351–363. 10. *Sakr S.C.* Analyse de l'aérologie locale dans la région de Beyrouth durant la période estivale. Proceedings of the International conference InterCarto. InterGIS, 2018. V. 24. Part 2. P. 281–291. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-281-291.
- 11. *Sakr S.C.* Brises thermiques et distribution du dioxyde d'azote dans la region de Beyrouth. Geo-Sp, 2018. V. 7. P. 23–30.

### **REFERENCES**

- 1. Cheng W. L. Ozone distribution in coastal center Taiwan under sea-breeze conditions. Atmospheric Environment, 2002. V. 36. P. 3445–3459.
- 2. Clappier A., Martilla A., Grossi P., Thunis P., Pasi F., Krueger B.C., Calpini B., Graziani G., Van Der Berch H. Effect of sea breeze on air pollution in the greater Athens area: Part I Numerical simulation and field observations. Journal of Applied Meteorology, 2000. V. 39. P. 546–562.
- 3. *Cros B*. On-site experience to constrain models of air pollution and transport emissions. Premiqual Symposium Predit. Toulouse, 1999. November 29 December 1 (in French).
- 4. Kambizidis H.D., Weidauer D., Melas D., Ulbricht L.M. Air quality in the Athens basin during sea breeze and non-sea breeze days using laser remote sensing technique. Atmospheric Environment, 1998. V. 32. P. 2173–2182.

- 5. *Liu H.*, *Chang J.C.L.* An investigation of air pollutant patterns under sea-land breezes during a severe air-pollution episode in Hong Kong. Atmospheric Environment, 2002. V. 36. P. 591–601. 6. *Martin N.*, *Carrega P.* Study of fine-scale ozone pollution, first itinerant measures in the Alpes-Maritimes. XXth Symposium of the International Association of Climatology. Tunis, 2007. P. 363–368 (in French).
- 7. *Martin N*. Ozone pollution and climatology in a Mediterranean area. The Maritime Alps. Doctoral thesis. Antipolis: University of Nice-Sophia, 2008. 281 p. (in French).
- 8. *Millan M.., Salvador R., Mantilla E., Kallos G.* Photo oxidants dynamics in the Mediterranean basin in summer: results from European research projects. Journal of Geophysical Research, 1997. V. 102. P. 8811–8823.
- 9. *Romero R.*, *Ramis C.* A numerical study of the transport and diffusion of coastal pollutants during the breeze cycle in the island of Mallorca. Annales Geophysicae, 1996. V. 14. P. 351–363. 10. *Sakr S.C.* Analysis of local aerology in the region of Beirut during the summer period. Proceedings of the International conference InterCarto. InterGIS, 2018. V. 24. Part 2. P. 281–291. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-281-291 (in French, abs English).
- 11. *Sakr S.C.* Thermal breezes and distribution of nitrogen dioxide in the Beirut region. Geo-Sp, 2018. V. 7. P. 23–30 (in French).

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-43-47

Kelin Wang<sup>1</sup>, Yuemin Yue<sup>2</sup>, Martin Brandt<sup>3</sup>, Xiaowei Tong<sup>3</sup>

# KARST ECOSYSTEM OBSERVATION AND ASSESSMENT AT LOCAL AND REGIONAL SCALES

### **ABSTRACT**

The highly sensitive and vulnerable karst ecosystem in Southwest China is one of the largest exposed carbonate rock areas (more than 0.54 million km<sup>2</sup>) in the world, hosting 220 million people. Rocky desertification is the most serious eco-environmental problems in China karst. For the ecological restoration and sustainable development of karst ecosystem, Huanijang Observation and Research Station was established at 2 000 for the observation of ecosystem structures, processes and functions in China karst. With the long-term continuous observation, remote sensing and ecosystem models, we identified the changes of ecosystem spatial pattern, progresses and functions under the coupled impacts of climatic and human disturbances. The results showed that ecological restoration projects had positive effects on China karst restoration, especially at local and regional scales. The ecosystem structure and functions had been improved with the implementation of ecological restoration projects, despite a decline in rainfall and soil moisture in China karst. The vegetation greenness and carbon stock increased with conservation projects. China karst was one of the globally largest increases in vegetation cover and biomass. However, the water and soil conservation and biodiversity functions maybe increase slowly. It is needed for the comprehensive assessment for understanding of conservation projects' functional and biodiversity effects. The other intervention that have the potential to enhance or generate wider positive effects of ecological restoration projects.

**KEYWORDS:** ecosystem assessment, long-term observation, remote sensing, ecosystem functions, China karst

### INTRODUCTION

The South China Karst ecosystem is one of the largest exposed carbonate rock areas in the world, hosting more than 200 million people and covering 8 provinces [Yuan et al., 2016]. Accelerating land degradation has been reported caused by the increased exploitation of natural resources during the last half century [Jiang et al., 2014]. Due to high population pressure, farmlands increasingly expanded to sloping areas and as a result, large parts of the karst area were deforested thereby exposing the soil to erosion. Consequently, vast karst areas (~0.13 million km²) previously covered by shrubs and trees were gradually converted to bare soils (State Forestry Administration of China. Bulletin of China's Rocky Desertification, 2012). The loss of soil and vegetation cover was detrimental from both an ecological and economical point of view: the karst area is an important water reservoir, but the reduction in vegetation cover resulted in surface run-off and decreased infiltration rates. Moreover, local livelihoods depending on agriculture lost their source of income which resulted in aggravated rate of poverty.

To combat this severe form of land degradation and to relieve poverty, more than 130 billion yuan (~19 billion USD) has been invested in mitigation initiatives since the end of the 1990s. The

<sup>1</sup> Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, No.644 Yuanda Road (Sec.), Furong District, 410125, Changsha, China, *e-mail:* kelin@isa.ac.cn (KL Wang), ymyue@isa.ac.cn (YM Yue)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystem, Chinese Academy of Science, Huanjiang, 714900, Guangxi, China

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, *e-mail:* martin.brandt@mailbox.org, tongxiaowei1996@gmail.com

costs of mega-engineering as a climate change mitigation measure are however only justified if ecosystem properties can be affected at large scales. Only a few studies have assessed the direct impact of forestry and conservation projects on vegetation cover at large spatial scales [Tong et al., 2017; Fang et al., 2014; Xiao, 2014]. Therefore, it is crucial for the comprehensive assessment of China karst.

### MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

Multiple and independent long-term data sets by Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystem, Chinese Academy of Sciences were analyzed to monitor the impact of conservation projects on karst ecosystem structure, processes, and function changes. These data included the observation and analysis of meteorological and atmospheric environment, soil physical and chemical analysis and profile description, observation and analysis of water environment, observation and analysis of terrestrial biocommunities. The long-term remotely sensed vegetation NDVI, LAI, and biomass were also analyzed.

# RESULTS OF RESEARCH AND DISCUSSION

# 1. Structural changes in field and satellite time series coincide with conservation project implementation

Vegetation cover and climate were analyzed at the regional scale for the provinces Guangxi, Guizhou and Yunnan in Southwest China (1982–2015). Structural (abrupt) changes in Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) time series were identified at pixel level and the timing of the observed shifts (i.e. breakpoints) in vegetation cover were analyzed. The number of pixels with breakpoints for NDVI increased from 1. The biggest Chinese conservation program, the Grain to Green project, was launched in 2000/2001 in Southwest China and most conservation areas were fully implemented in 2002–2004 coinciding with of the highest numbers of detected breakpoints. Another largescale ERP named Karst Mountain Desertification Restoration Project was launched in 2008 corresponding with the 3rd highest a mount of breakpoints detected. The year 2 000 was thus used to divide the period in prior and post conservation periods.

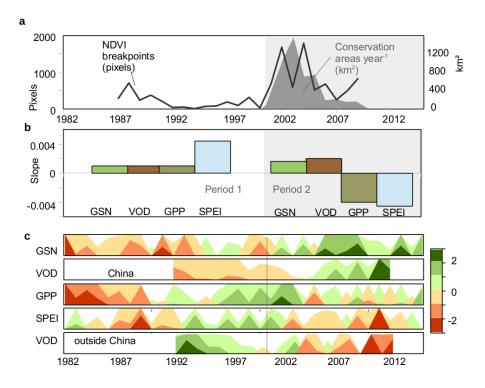


Fig. 1. The comparison of ecosystem changes between before and after conservation projects

# 2. Changes in karst ecosystem structure and function before and after the conservation projects at local and regional scales

We chose a typical county for analyzing the changes in ecosystem structure and functions. The results showed that the SPEI was decreased (0.006/a) during 2001–2015, indicating a decline in rainfall and soil moisture. The vegetation cover increased significantly during 1982–2015. Rocky desertification decreased 38.5 % during the past ten years, especially the most serious rocky desertification. Forest ecosystem increased 210 km², occupied 5 % of the total areas of Huanjiang county. For the ecosystem functions, the ecosystem productivity, carbon sink, water and soil conservation functions all increased with the implementation of ecological restoration projects. But compared with other ecosystem functions and biodiversity, water conservation did not recover simultaneously.

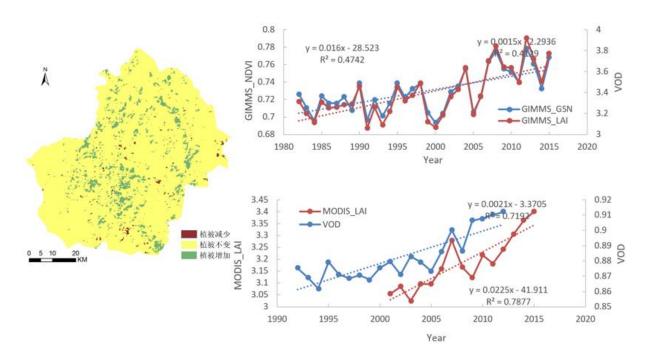


Fig. 2. The vegetation cover changes during 1982–2015 at local scales

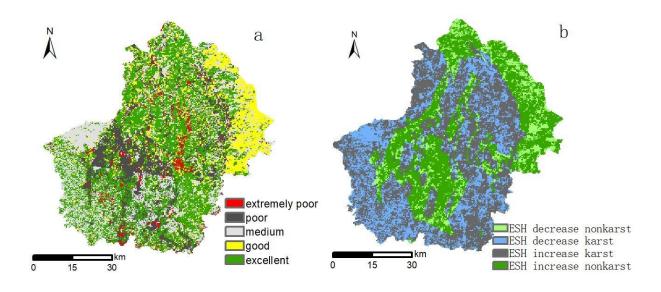


Fig. 3. Ecosystem conditions with the ecological projects

# 3. Global and regional changes in biomass 2010-2017

By using SMOS L-VOD as a proxy for aboveground biomass we mapped percent deviation from the mean from 2010 to 2017 at a 25 km spatial resolution. For this period, there was an overall slightly positive change in biomass at global scale (+ 0.01 %  $\pm$  26 for all pixels and + 4%  $\pm$  34 if considering only significant pixels at P < 0.05). Areas with a significant (p < 0.05) positive biomass trend covered globally ~12 million km², of which 7 % were located in the South China Karst region, making the study area one of the largest, spatially coherent, area of biomass increase. More specifically, 55 % of the study area showed a significant (P < 0.05) increase in biomass (on average + 48 %  $\pm$  21 over ~0.8 million km²; fig. 3 a), of which 0.3 km² were found in pure karst landscape (representing 64 % of the 0.5 million km² pure karst area). Biomass trends were exclusively positive over the study area and similar results were obtained when considering absolute values instead of relative values (fig. 3 b). Furthermore, 19 % of the major increases in global biomass (values above the 90th percentile) were located in the Chinese karst region.

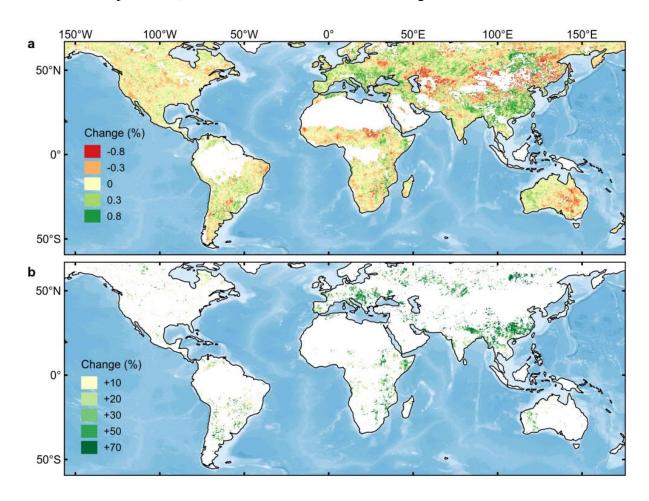


Fig. 4. Global maps of vegetation aboveground biomass significant (P < 0.05) increase/decrease

### **CONCLUSIONS**

Our study indicate that the vegetation greenness and carbon stock increased with conservation projects. China karst was one of the globally largest increases in vegetation cover and biomass. However, the water and soil conservation and biodiversity functions maybe increase slowly. It is needed for the comprehensive assessment for understanding of conservation projects' functional and biodiversity effects. The other intervention that have the potential to enhance or generate wider positive effects of ecological restoration projects.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the National Key Research and Development Program of China (No 2016YFC0502400) and the science and Technology Service Network Initiative of Chinese Academy of Sciences (no. KFJ-STS-ZDTP-036).

### **REFERENCES**

- 1. Fang J., Guo Z., Hu H., Kato T., Muraoka H., Son Y. Forest biomass carbon sinks in East Asia, with special reference to the relative contributions of forest expansion and forest growth. Global Change Biology, 2014. V. 20. P. 2019–2030.
- 2. *Jiang Z., Lian Y., Qin X.* Rocky desertification in Southwest China: impacts, causes, and restoration. Earth-Science Reviews, 2014. V. 132, P. 1–12.
- 3. *Tong X., Wang K., Yue Y., Brandt M.S., Liu B., Zhang Ch., Liao Ch., Fensholt R.* Quantifying the effectiveness of ecological restoration projects on long-term vegetation dynamics in the karst regions of Southwest China. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2017. No 54. P. 105–113.
- 4. *Xiao J.* Satellite evidence for significant biophysical consequences of the "Grain for Green" Program on the Loess Plateau in China. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2014. V. 119 (12). P. 2261–2275.
- 5. Yuan D.X., Jiang Y.J., Shen L.C. The Modern Karstology. Beijing: Science Press, 2016 (in Chinese).

УДК: 911.2 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-48-65

И.П. Баранов1

# ПОТЕРЯННАЯ ГИПЕРБОРЕЯ. КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЛИТОДИНАМИКИ АРКТИКИ И ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ

# **АННОТАЦИЯ**

В статье предлагается изучение литодинамики Арктики в рамках концепции «Пластика рельефа» с целью обнаружения древнего геоэкологического центра. Составлена карта литодинамических систем Северного Ледовитого океана и прилегающих территорий. Выявлены участки аномального распределения геологического вещества в виде потоков – из океана на материк Евразия, что указывает на возможность существования в прошлом на месте впадин океана значительных массивов суши. Для проверки гипотезы составлена карта литодинамических потоков древнего фундамента части Евразии и прилегающей акватории океана. Направленность древних потоков аналогична современным. Таким образом, древние структуры наследуют в верхних горизонтах память о субматериковой территории, представленную сейчас Арктической геодепрессией. Для подтверждения гипотезы проведен обзор геологической литературы. Ряд геологических моделей указывает на следы присутствия в регионе материкового образования, названного академиком Шатским Гиперборейской платформой. Сопоставление форм Арктической впадины и острова Гренландия дало основание предположить, что ранее остров располагался в пределах геодепрессии и имел контакт с Евразией и Северной Америкой. Была составлена карта литодинамических систем подлёдного рельефа острова, контур которого и потоки были перенесены на карту современных и древних литодинамических систем Арктики. Установлено, что потоки Северной Америки совмещаются с потоками Гренландии (Гипербореи), а потоки острова имеют продолжение в потоках шельфа и материка Евразии. Наибольшая корреляция отмечена между потоками Гренландии и древнего фундамента. Итогом работы стало выявление планетарной системы «Аляска – Гренландия (Гиперборея) – Евразия», потоки которой и сейчас оказывают влияние на тектонику и геоэкологию Арктики и прилегающих материков.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** картография, концепция «Пластика рельефа», литодинамика, Северный Ледовитый океан, Евразия, Гренландия, Гиперборейская платформа

Igor P. Baranov<sup>2</sup>

# LOST HYPERBOREA. CARTOGRAPHIC ANALYSIS OF LITHODYNAMIC OF THE ARCTIC AND SURROUNDING AREAS

# **ABSTRACT**

The article proposes the study of lithodynamic of the Arctic in the framework of the concept of "Plastic of relief" for the detection of ancient geo-ecological centre. The map of lithodynamic systems of the Arctic ocean and adjacent territories is made. The areas of anomalous distribution of geological substance in the form of flows – from the ocean to the mainland Eurasia, which

<sup>1</sup> Институт Биологического приборостроения РАН, ул. Институтская, д. 7, 142290, Пущино, Россия, *e-mail:* **georeolog@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Institute of Biological instrumentation RAS, Institutskaya str., 7, 142290, Pushchino, Russia, *e-mail:* **georeolog@gmail.com** 

indicates the possibility of the existence in the past on the site of the ocean depressions significant land masses. To test the hypothesis, a map of lithodynamic flows of the ancient Foundation of part of Eurasia and the adjacent ocean was compiled. The direction of ancient streams is similar to modern. Thus, the ancient structure inherits in the upper horizons, the memory of submaterial territory, now the Arctic getadresses. To confirm the hypothesis, a review of geological literature was carried out. A number of geological models indicate traces of the presence in the region of mainland education, called academician Shatsky Hyperborean platform. A comparison of the forms of the Arctic basin and the island of Greenland suggests that the island was previously located within the limits of geodepression and had contact with Eurasia and C. American. A map of the lithodynamic systems of the subglacial relief of the island was compiled, the contour of which flows were transferred to the map of modern and ancient lithodynamic systems of the Arctic. It is established that the flows of S. America are combined with the flows of Greenland (Hyperborea), and the flows of the island are continued in the flows of the shelf and the mainland of Eurasia. The greatest correlation was noted between the flows of Greenland and the ancient Foundation. The result of the work was the identification of the planetary system "Alaska-Greenland (Hyperborea) - Eurasia", the flows of which now have an impact on the tectonics and Geoecology of the Arctic and adjacent continents.

**KEYWORDS:** cartography, the concept of "Plastic of relief", lithodynamics, Arctic ocean, Eurasia, Greenland, Hyperborean platform

# **ВВЕДЕНИЕ**

Изданная в 2008 году в сборнике ДАН статья «Опыт картографического изучения пластики рельефа дна Северного Ледовитого океана» [Степанов, Баранов, Степанова, 2008] затронула важные проблемы раздела дна Северного Ледовитого океана (возможна замена – СЛО) между северными странами. Предложенная в статье карта пластики рельефа дна Северного Ледовитого океана имеет высокий потенциал для решения географических вопросов. Она отражает естественную литодинамическую ситуацию территории, в основе которой распределение потоковых систем бассейна океана. Потоки-повышения, формирующие литодинамические структуры и системы, сложены коренными породами и осадочным материалом, сносимым поверхностными водами в течение миллионов лет. Направление потоков задается согласно законам гравитации – от наивысшей точки к впадине. Однако мелкий масштаб исходной карты привел к объединению отдельных структур в единые системы. Так, например, стало с литодинамическими потоками островов Новой Земли, Северной Земли, Шпицбергена, Земля Франца Иосифа, Новосибирских. При общей тенденции стремления осадочного литологического материала к впадинам-котловинам, направление потоков некоторых островов было прямо противоположным. Структуры распространялись не в сторону котловин, а в сторону материка. Детальное изучение аномальных структур, перепроверка тектонической картой России и обращение внимания на общий контур впадин СЛО позволили по-новому посмотреть на происхождение Арктической впадины и её роли в формировании древней геоэкологической ситуации всего региона.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основой картографических исследований является концепция «Пластика рельефа». Она включает в себя: технологию визуализации и анализа форм литодинамических структур и систем земной поверхности по горизонталям топографических, батиметрических и структурных карт; прогноз развития геоэкологической ситуации территории исследования. Метод разработан и математически формализован группой учёных Пущинского научного центра под руководством профессора И.Н. Степанова [Степанов и др., 1977; 2006]. В процессе многолетнего изучения литодинамических структур и систем концепция была успешно применена для решения геоэкологических задач Москвы, Каширского района,

Ловозерского района Мурманской области. В настоящее время данный комплекс операций разработчиками методики также именуется литодинамическим или палеоструктурным анализом земной поверхности. Первый термин отражает распределение литологического вещества в верхних горизонтах земной коры под воздействием эндогенных, экзогенных и гравитационных процессов в виде динамичных потоковых структур и систем; второй – выявление древних геологических образований, большей частью скрытых многометровым слоем отложений. Так как потоковые структуры и системы возникают там, где есть градиент высот или глубин, то ими покрыта вся земная поверхность суши и дно Мирового океана, геологических глубинных горизонтов, образуя единый каркас земной коры. Все формы рельефа земной поверхности является верхней частью этого каркаса. Использование «Пластики рельефа» увеличивает информативность исходного картографического материала, что позволяет решать задачи в науке и основных отраслях хозяйства. Метод позволяет рассматривать изолинии топографических, батиметрических и структурных карт как геометрические линии с целью их преобразования в геометрические линии, на которых выделяются точки максимальной, минимальной и нулевой кривизны. Когерентно соединённые друг с другом точки кривизны моделируют процессы геодинамики. Первые представляют собой орографические линии, вторые – линии овражно-балочной сети, третьи служат границей между выпуклыми и вогнутыми телами, образующими потоки, структуры и системы. Таким образом, карты пластики рельефа показывают формы рельефа земной поверхности не как разрозненную совокупность неровностей земной поверхности, а как неотъемлемые части единой глобальной литодинамической картины земной поверхности и геологических горизонтов. На рис. 1 показаны основы «Пластики рельефа».

По мнению Л. Кинга, «многие вещества способны проявлять текучесть в твёрдом состоянии. Примерами могут служить лёд, соль, гнейс. При напряжениях, воздействующих на протяжении нескольких дней, лёд начинает вести себя как жидкость. При приложении деформирующих усилий свыше 10 лет свойство текучести приобретает соль, *а свыше 100 тысяч лет – гранит*. При наличии достаточного времени все вещества под влиянием прилагаемых к ним сил проявляют текучесть и испытывают пластическую деформацию в твёрдом состоянии. Этот тип деформации называется реидностью» [Кинг, 1967]. Методика позволяет с высокой степенью достоверности определять точки начала перемещения геологических масс, пути их транзита и аккумуляции.

При незначительной площади СЛО наука тем не менее испытывает недостаток данных, до сих пор не выработана единая концепция развития региона. Всё это ведёт к подробному рассмотрению позиции арктического региона в глобальном плане. Одним из преимуществ «Пластики рельефа» является значительный системный охват прилегающей к исследуемому участку территории, что позволяет шире рассмотреть проблему, воссоздать литодинамическую ситуацию эволюции Арктики. «Пластика рельефа» позволяет на предварительном этапе дистанционно, без использования дорогостоящих полевых работ провести анализ литодинамики дна океана и прилегающей территории. Для уточнения результатов на прилегающих материках, островах (в том числе подлёдного рельефа Гренландии), северных частей дна Атлантического и Тихого океанов использовались карты различных масштабов, площадь исследования расширена. Такой подход позволил найти исходные точки распределения литодинамических потоков Арктики и их роль в развитии современных ландшафтов. Проработаны и использованы геологические данные формирования дна СЛО, которые зачастую являются следствием соперничества между мобилистским и фиксистским мировоззрениями. В то же время «Пластика рельефа» отражает распределение литологического вещества в поле земного тяготения, основываясь на нейтральных данных – горизонталях топографических карт, изобатах карт дна океана и изогипсах древнего фундамента; при этом литодинамические формы отражают как современные, так и древние процессы формирования региона.

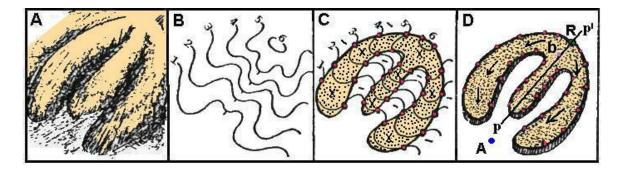


Рис. 1. Технология создания литодинамической потоковой структуры (C, D) путём преобразования горизонталей (№№ 1–6) топографической карты (В). Условные обозначения:

А – натурная зарисовка рельефа земной поверхности;

В – изображение той же земной поверхности геодезистом с помощью горизонталей (1–6) (на всех топографических картах рельеф земной (почвенной) поверхности представлен такими горизонталями; они образуют физический континуум);

C — по выявленным точкам нулевой кривизны проведена морфоизографа (линия нулевой кривизны), закрашено тело положительной литодинамической структуры;

D – модель потоковой структуры с особыми точками:

R – репеллер, начальная точка движения литовещества;

А – аттрактор, точка аккумуляции литовещества;

b – точка бифуркации, разветвления потоков

Fig. 1. Technology for creating a lithodynamic flow structure (C, D) by converting contours (NoNo 1–6) topographic map (B).

Legend:

A – full-scale sketch of the relief of the earth's surface;

B – the image of the same earth's surface by the surveyor with the help of contours (1–6) (on all topographic maps the relief of the earth (soil) surface is represented by such contours; they form a physical continuum;

C – on the revealed points of zero curvature the morphoisograph (line of zero curvature) is carried out, the body of positive lithodynamic structure is painted;

D – model of stream structure with special points:

R – repeller, initial point of movement of Lithuanian substance;

A – attractor, point of accumulation of Lithuanian substance;

b – point of bifurcation, branching of flows

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно принятым в геологии исследованиям и гипотезам, по своему развитию Северный Ледовитый океан разделен на две части — Евразийскую и Амеразийскую. Глубоководные котловины молодого океана возникли в кайнозое. Молодостью объясняются малые размеры СЛО и специфика его строения [Косько, 2008]. Евразийский бассейн занимает площадь от Норвежского и Гренландского морей до хребта Ломоносова и моря Лаптевых. Амеразийский бассейн включает в себя все остальные области Северного Ледовитого океана — до Канадского Арктического архипелага и Берингова пролива [Погребицкий, 1997]. Наибольший интерес представляет комплекс котловин в центре океана. С точки зрения автора он может являться ключом к формированию тектоники и геоэкологии всего региона. Несмотря на расположенные в его пределах хребты, на картах океана Арктическая впадина предстаёт как единое целое (рис. 2).

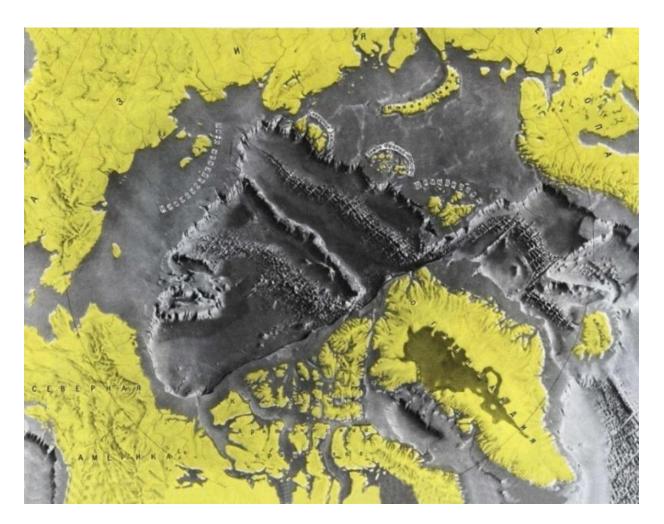


Рис. 2. Физиографическая карта дна Северного Ледовитого океана и прилегающих участков материков [Хейзен и др., 1962] Fig. 2. Physiographic map of the bottom of the Arctic ocean and adjacent areas of the continents [Hazen et al., 1962]

На модели чётко видна треугольнообразная впадина, окружённая со всех сторон широко развитой аномальной отмелью. Границей между ними служит крутой обрыв глубиной 2-5 км. В геологической литературе этот комплекс впадин получил название «Арктическая геодепрессия» [Погребицкий, 1976]. Наличие глубокой впадины и окружение практически со всех сторон сушей дают основание считать СЛО значительным аттрактором северного полушария, в направлении которого по законам гравитации должны устремляться потоки поверхностных вод, литологического и органического вещества. Продемонстрировать эти процессы системно и в динамике на карте на данный момент времени имеет возможность только технология «Пластика рельефа», являющаяся составной частью одноимённой концепции. В результате было выявлено двенадцать взаимодействующих друг с другом потоковых систем, которые отражают современную литодинамическую ситуацию (рис. 3). Системы I-XI имеют привязку к географическим объектам. Материковые потоковые структуры Сибирской системы (XII) имеют общий признак – ориентировку в направлении впадин СЛО. Карпатская система (X) представлена внутриевропейскими регионами: Карпаты, север Польши, Германии и Нидерландов, юг Британских островов. Обратим внимание на следующие системы, начало которых расположено на окраине Арктической геодепрессии: I – Русско-Скандинавская; II – Уральская; III – Среднесибирская; IV – Восточносибирская; ІХ – Исландская. За исключением Исландской системы, являющейся островной, остальные системы направлены в глубь материка Евразия, занимая значительные его площади.

Известно, что любое вещество стремится занять более равновесное положение, устремляясь к ближайшей впадине. Но значительные по площади потоковые системы, включающие Скандинавский щит, Русскую платформу, Уральские горы, имеют вектор направленности с севера на юг. При этом «за спиной» у них должна быть более крупная тектоническая структура. Но здесь расположена Арктическая геодепрессия; это выглядит аномально. Напротив, Чукотско-Новосибирская система, являясь более молодым образованием, ориентирована к центру Арктической впадины. Потоки Северо-Американской и Евразийской систем также направлены в центр Арктики. У Гренландской системы потоки устремлены как во впадины как Северного Ледовитого, так и Атлантического океана. Потоки Аляскинско-Чукотской системы стремятся во впадины Тихого океана.

Какое же геологическое образование существовало на месте Арктической геодепрессии и что с ним стало в дальнейшем? Ответ на этот вопрос могла дать карта глубинного залегания пород фундамента исследуемой территории. Для этих целей была использована тектоническая карта СССР с изогипсами залегания фундамента суши и части бассейна Арктики. Преобразование статического пространства, каким представлены подповерхностные горизонты фундамента, позволило выявить шесть литодинамических систем (рис. 4). Основу I, III, IV и V систем представляют породы добайкальского и байкальского фундаментов древних платформ. В основе Урало-Поволжской (II) и Среднеазиатской (VI) систем – преимущественно палеозойский фундамент.

І. Русско-Скандинавская система. Начало расположено в районе островов Земли Франца-Иосифа. Далее система распространяется в сторону материка Евразия: Скандинавский и Кольский полуострова, Карелия, Прибалтика, Белоруссия, Украина, Крым, Кавказ, устремляясь к впадинам Чёрного и Каспийского морей. Подтверждают это и работы М.В. Клёновой, которая указала на сходство прогибов дна Баренцева моря и Русской платформы: «...Основные тектонические элементы Русской платформы продолжаются и на дно Баренцева моря» [Клёнова, 1940]. Ю.П. Ершов считает, что Южно-Баренцевоморский массив по характеру геофизических полей сходен с архейскими комплексами щитов Восточно-Европейской платформы [Ершов и др., 1974].

II. Урало-Поволжская система. Берёт начало в районе островов Северная Земля. Прослеживается по островам Новой Земли, полуострову Ямал, Тиманскому кряжу, Уральским горам, Поволжью. Имеет ответвление на территорию Западной Сибири. Конечные точки системы – впадины Аральского и Каспийского морей.

III. Сибирская система. Начало находится в море Лаптевых и на полуострове Таймыр. Простирается на юг в пределах древнего фундамента Западной и Средней Сибири. Концевые части системы – в районе озера Байкал и Восточных Саян.

IV. Восточносибирская система. Начало расположено в районе островов Новосибирских, Анжу, Де-Лонга. Простирается с запада на восток (Восточно-Сибирское море).

V. Северо-Американская система. Местоположение – Чукотское море. Потоки направлены с запада на восток.

VI. Среднеазиатская (обобщенная) система. Включает в себя все потоковые структуры Средней Азии, Казахстана и Южной Сибири.

В целом размещение, ориентировка и положение потоковых систем земной поверхности и поверхности древних платформ идентичны, хотя разница между ними по глубине составляет 0–20 км. Анализ обеих карт показал, что в центре Арктики должен был существовать участок суши с континентальной корой возрастом не менее миллиарда лет, в пределах которого брали своё начало вышеназванные системы. Отмечена тенденция унаследованности положения систем, что говорит об актуальности древних процессов, которые продолжают оказывать существенное влияние на ландшафты дневной поверхности.

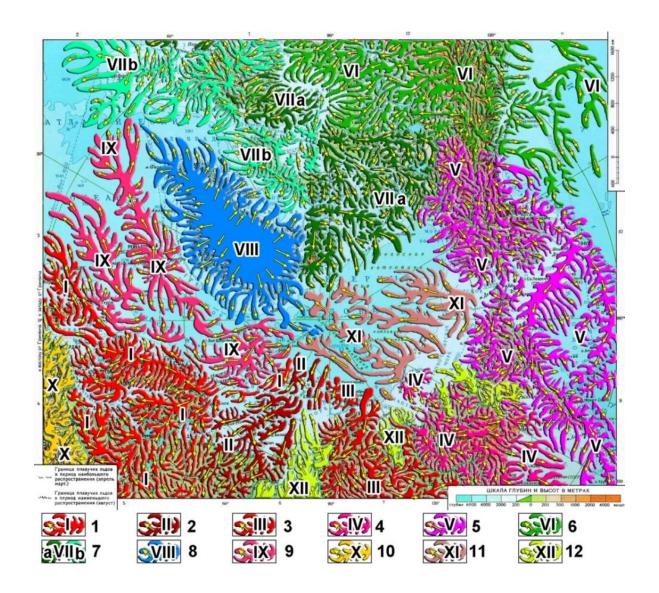


Рис. 3. Карта литодинамических потоковых систем дна Северного Ледовитого океана и прилегающих территорий. Масштаб 1:40 000 000

Условные обозначения: Литодинамические потоковые системы земной поверхности, их номера и вектор направленности: 1 (I) Русско-Скандинавская; 2 (II) Уральская; 3 (III) Среднесибирская; 4 (IV) Восточносибирская; 5 (V) Аляскинско-Чукотская; 6 (VI) Северо-Американская; 7 (VII) Канадского Арктического архипелага: а) ориентированные во впадину; b) ориентированные из впадины; 8 (VIII) Гренландская; 9 (IX) Исландская; 10 (X) Карпатская; 11 (XI) Чукотско-Новосибирская; 12 (XII) обобщенная группа подсистем Сибири и Азии, имеющих направленность к Северному полюсу

Fig. 3. Map of lithodynamic flow systems of the Arctic ocean floor and adjacent territories. Scale 1: 40 000 000

Legend: Lithodynamic flow systems of the earth's surface, their numbers and direction vector: 1 (I) Russian-Scandinavian; 2 (II) Ural; 3 (III) middle Siberian; 4 (IV) East Siberian; 5 (V) Alaskan-Chukchi; 6 (VI) North American; 7 (VII) Canadian Arctic Archipelago: oriented to the depression; b) oriented from the depression; 8 (VIII) Greenland; 9 (IX) Icelandic; 10 (X) Carpathian; 11 (XI) Chukotka-Novosibirsk; 12 (XII) generalized group of subsystems of Siberia and Asia with orientation to the North pole

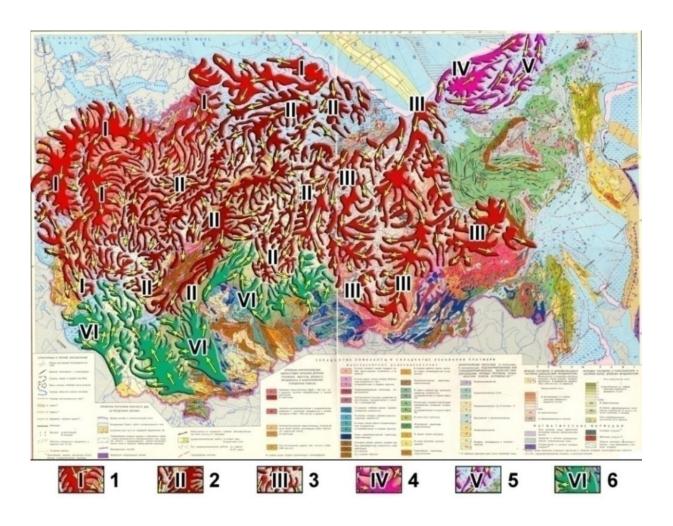


Рис. 4. Карта литодинамических потоковых систем поверхности добайкальских, байкальских и палеозойских платформ территории России и дна Северного Ледовитого океана. Основа – тектоническая карта СССР. Масштаб 1:16 000 000 Условные обозначения:

Литодинамические потоковые системы, их номера и вектор направленности: 1 (I) Русско-Скандинавская система; 2 (II) Урало-Поволжская система; 3 (III) Сибирская система; 4 (IV) Восточносибирская система; 5 (V) Северо-Американская система; 6 — Среднеазиатская (обобщенная) система (VI) Fig. 4. Мар of lithodynamic flow systems of the surface of the dobaikalsky, Baikal and Paleozoic platforms on the territory of Russia and the bottom of the Arctic ocean. Map base — tectonic map of the USSR. Scale 1: 16 000 000. Legend:

Lithodynamic flow systems, their numbers and vector of orientation:
1 (I) Russian-Scandinavian system; 2 (II) Ural-Volga system;
3 (III) Siberian system; 4 (IV) East Siberian system;
5 (V) North American system; 6 (VI) Central Asian (generalized) system

Для установления возможности существования платформы в геологическом прошлом в пределах Арктической геодепрессии автором был проведён анализ геологической литературы, рассмотрен ряд гипотез, моделей, основанных на результатах геологических,

тектонических и литологических исследований. Первым, кто высказал предположение о существовании субконтинента, был академик Н.С. Шатский. В предложенной им в 1935 году тектонической модели Палеарктики одну из ведущих ролей играет Гиперборейская платформа [Шатский, 1935]. На схеме тектоники Арктики (рис. 5) [Шатский, 1963] платформа располагается в восточной части океана, включая подводный хребет Менделеева, острова Де-Лонга, Новосибирские, Анжу, Чукотское плато и абиссальную равнину Нортуин. По мнению академика, данные структуры – останки раздробленной и погрузившейся древней платформы. Ю.М. Пущаровский [1960] рассматривал платформу как реликт древней кратонизированной области, назвав её «Восточно-Арктической палеоплатформой». Выводы сделаны на основе данных по составу обломочного материала всех фракционных групп донных осадков, образующих единый комплекс, связанный с размывом типично платформенных отложений, а также вскрытием кристаллического фундамента скважинами на глубине 720 м на мысе Барроу. Отмечено, что выявленные ранее геологические образования, сходные с теми, которые сейчас можно видеть на континентах, поэтому СЛО – относительно недавнее, молодое образование, возникшее на структурах материкового типа и в этом смысле вторичное [Пущаровский, 1960]. В центральной части выделяется ряд древних массивов, имеющих платформенную структуру [Панов, 1963]. «Важнейшим элементом доокеанического структурного ансамбля Арктической геодепрессии было линейное сводовое поднятие на месте будущих Норвежско-Гренландского и Евразийского глубоководных бассейнов» [Погребицкий, 1997].

По данным Б.Х. Егиазарова, платформа начала формироваться в архее. «Арктический пояс сопрягается с Тихоокеанским, Атлантическим и Монголо-Уральским поясами переходными геоструктурами - аркто-пацифидами, аркто-уралидами, аркто-атлантидами. На периферии платформы существовал арктический складчатый пояс (арктиды)» [Егиазаров, 1977]. Л.П. Зоненшайн «свою» Гиперборею отнес к Канадской котловине и котловине Подводников, ограничив с юга хребтом Ломоносова [Зоненшайн, Натапов и др., 1987]. По мнению В.Я. Кабаньков, И.А. Андреевой [2008] область Арктических поднятий представляет собой единую платформенную структуру, гранитогнейсовый фундамент которой - карельского возраста (до 2,5 млрд лет). «...Структурно Гиперборейская платформа была связана с континентальными окраинами Северной Америки и Азии. Реликты платформы с гренвильским и более древним фундаментом установлены на Шпицбергене, Новой Земле, Северной Земле и Таймыре, Чукотке, Канадском Арктическом архипелаге и могут с достаточной степенью уверенности предполагаться на Чукотском бордерленде» [Phanerozoic..., 1998]. Эти исследования подтверждаются картами (рис. 3 и рис. 4). По геофизическом данным, Гиперборейская плита имеет континентальный тип земной коры мощностью 42-45 км со слабыми положительными значениями в гравиметрическом и магнитном полях [Богданов, 2004]. Область Центрально-Арктических поднятий представляет собой древнюю платформу, территориально совпадающую с «Гиперборейской платформой» [Кабаньков и др., 2004]. В блоках древней континентальной коры дна и шельфа СЛО В.Е. Хаин также видит реликты Гиперборейской платформы: «...это осколок суперконтинента Родиния, распавшегося в позднем протерозое 850-830 млн лет назад, составными частями которого также являлись Североамериканский, Восточноевропейский и Сибирский кратоны. Кора континентального типа, подстилает хребты Ломоносова, Альфа, Менделеева и Чукотское плато» [Филатова, Хаин, 2007].

Если существование в Арктике платформенного образования у части геологов не вызывает сомнения, то исчезновение его многими воспринимается неоднозначно и противоречиво. Отсутствие чётких механизмов «исчезновения» вынуждает геологов принимать те версии, которые бы выглядели правдоподобно: столкновение плит, деструкция и погружение в мантию остатков платформы.

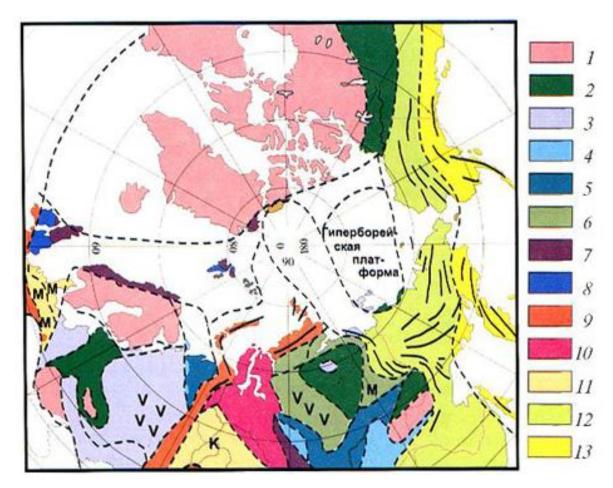


Рис. 5. Схема тектоники Арктики [Шатский, 1963]. Переведена в цвет [Косько и др., 2008].

Условные обозначения: Докембрийские складчатые зоны: 1 — породы выходят на поверхность; 2 — породы покрыты осадочными нескладчатыми породами; 3 — платформенные мульды на докембрийской складчатости; (V — варисцийские мульды, М — мезозойские мульды). Районы протерозойской складчатости (байкалиды): 4 — районы с выходами байкальских пород; 5 — склоны байкальских массивов; 6 — мульды на Сибирской платформе (в основании либо архей, либо байкалиды: V — варисцийские, М — мезозойские). Каледонская складчатая зона: 7 — каледониды на поверхности; 8 — каледониды, покрытые мощными осадочными свитами. Герцинские складчатые зоны: 9 — выход на поверхность герцинид; 10 — склоны герцинских массивов; 11 — мульды на герцинской складчатой зоне (М — мезозойские; К — кайнозойские); 12 — мезозойская складчатая зона;

13 – кайнозойская складчатая зона

Fig. 5. The scheme of tectonics of the Arctic [Shatsky, 1963]. Translated into color [Kosko et al., 2008].

Legend: Precambrian folded zones: 1 – rocks come to the surface; 2 – rocks are covered with sedimentary non-smooth rocks; 3 – platform mulds on Precambrian folding; (V – variscian mulds, M – Mesozoic mulds). Areas of Proterozoic folding (banality): 4 – areas with the outputs of the Baikal species; 5 – the slopes of the Baikal arrays; 6 – mould on the Siberian platform (according to either the archaea or banality: V – juristische, M – Mesozoic). Caledonian folded zone: 7 – caledonides on the surface; 8 – caledonides covered with powerful sedimentary suites. Hercynian folded zones: 9 – access to the surface of hercynides; 10 – slopes of Hercynian massifs; 11 – mulds on the Hercynian folded zone (m – Mesozoic; K – Cenozoic);

12 – Mesozoic folded zone; 13 – Cenozoic folded zone

Начало интенсивного формирования глубоководных впадин в пределах Гиперборейской платформы и разделяющих их поднятий относится к рубежу олигоцен – миоцен и связано с неравномерным по площади углублением бассейна и сменой мелководных осадков глубоководными. Это отразилось на режиме самого бассейна, предопределившего развитие биоты и выпадение из разреза нескольких палеонтологических комплексов [Кабаньков, Андреева, 2008]. Предполагается, что платформа подверглась деструкции в результате столкновения нескольких платформ, была разбита на отдельные блоки глыбового характера, которые неравномерно погрузились, сформировав Канадскую топодепрессию и центральные впадины [там же]. Получается, Гиперборея вдруг провалилась, словно массы мантийного вещества под ней перестали существовать. В этом случае террейн должен был погрузиться на глубины более 5 км. Другими авторами предлагаются гипотезы разрушения платформы в результате рифтогенеза. Но попытка интерпретировать хребты Менделеева и Гаккеля как зону раздвигания литосферных плит и образования новой коры не имеет достаточных геологических и геофизических оснований, а такие данные, как очертания и структурное положение глубоководной котловины Бофорта (Канадской), ей противоречат [Пущаровский, 1976]. Следует отметить и своеобразную форму Арктической геодепрессии, для которой не подходит ни рифтогенная теория, ни плейттектоническая. При этом отмечается, что кора сокращена, оставаясь континентальной по генезису, но её недостаточно, верхние пласты словно срезаны. Уверенно заявляются периоды формирования топодепрессий (десятки миллионов лет), хотя процессы могли протекать на порядок быстрее. Не могло быть и дрейфа платформы по той причине, что впадина ограничена в размерах и не имеет форму раскрытия дна. Однозначно, что само «исчезновение» должно было сопровождаться активными сейсмическими и вулканическими процессами. Учёные отмечают важную черту всей Арктики – распространение на больших площадях вулканизма кайнозойского возраста, продолжавшегося в некоторых районах до четвертичного времени включительно. Базальтовые излияния характерны для Шпицбергена и Гренландии, Земли Франца-Иосифа и островов Де-Лонга. Они распространены также на Аляске и островах Канадского Арктического архипелага. Характерно, что кайнозойский базальтовый вулканизм особенно активно развивался в краевых частях шельфовых пространств на границе с океаническими бассейнами. История развития Гренландии указывает на несколько фаз усиления вулканической активности. Последние относятся к четвертичному периоду [Панов, 1963].

Анализируя версии происхождения Гиперборейской платформы и Арктической геодепрессии, автор обратил внимание на контур острова Гренландии, который, как и Арктическая геодепрессия, имеет треугольнообразную форму. Чтобы сравнить конфигурации обоих объектов, контур впадины был приложен к острову Гренландии — рис. 6. С учётом прилегающего шельфа площадь совпадения составила более 75 %. Получается, большой по площади участок земной коры был изъят из одного пункта поверхности Земли и перенесён в другой, причём развернут на 90°. Вероятно, геологи также отмечали такое совпадение, но отсутствие причин и механизмов трансляции являлось препятствием к исследованиям.

Рассматривая версию о соответствии платформы Гипербореи и Гренландии, по карте подлёдного рельефа была выявлена литодинамическая система острова. После этого изображения острова и его потокового каркаса были помещены внутрь периметра депрессии (рис. 7). Современные потоки Чукотско-Новосибирской системы из карты были исключены. При рассмотрении положения литодинамических систем друг относительно друга становится очевидным, что северные потоки Аляскинско-Чукотской системы (V) находят своё продолжение в системе Гиперборейского каркаса. На противоположной стороне платформы её потоки продолжаются в потоках архипелагов Шпицбергена, Земли Франца Иосифа, Новой Земли, Северной Земли, являясь частью Русско-Скандинавской (I), Уральской (II) и Среднесибирской (III) систем.

Таким образом, наблюдается единство литодинамических потоковых систем, а с ними и континентальных фундаментов Северной Америки и Евразии. Аналогично было

проведено сравнение потоковых систем Гиперборейской платформы и потоков древнего фундамента. Из карты (рис. 8) видно, что потоки Гиперборейской платформы имеют чёткий переход в Русско-Скандинавскую (I), Урало-Поволжскую (II) и Сибирскую (III) системы. Отметим, что геологи и ранее отмечали сходство в геологическом строении и тектоническом развитии островов Арктического архипелага Канады и севера Азии; это позволяет предполагать прямые структурные связи между этими территориями [Майел, 1984].



Рис. 6. Сравнение контуров острова Гренландии (вместе с шельфом) и контура Арктической впадины. Масштаб 1:40 000 000

Условные обозначения: 1 — внешний контур о. Гренландии; 2 — внешний контур Арктической впадины; 3 — области впадин внутри контура о. Гренландии

Fig. 6. Comparison of the contours of Greenland (together with the shelf) and the contour of the Arctic basin. Scale 1: 40 000 000

Legend: 1 — the outer contour of Greenland; 2 — the outer contour of the Arctic basin; 3 — the area of depressions inside the contour of Greenland

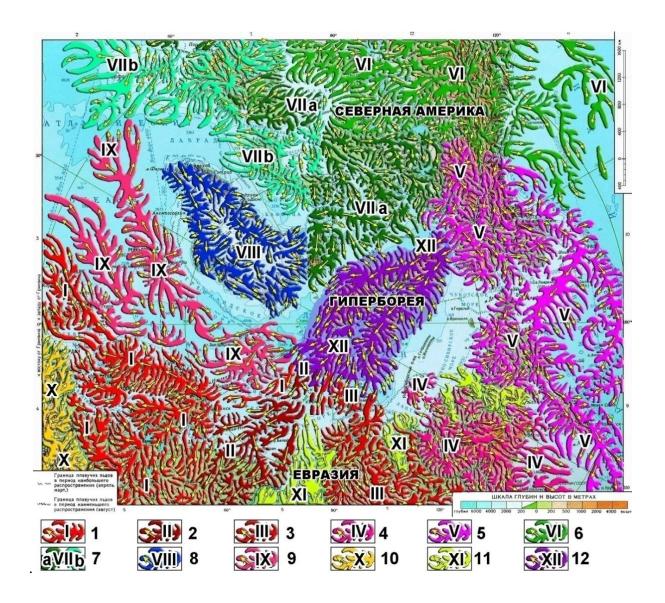


Рис. 7. Предполагаемое первичное положение литодинамической системы Гипербореи относительно потоковых систем земной поверхности Евразии и Северной Америки в пределах Арктической геодепрессии. Масштаб 1:40 000 000 Условные обозначения: Литодинамические потоковые системы земной поверхности, их номера и вектор направленности: 1 (I) Русско-Скандинавская; 2 (II) Уральская; 3 (III) Среднесибирская; 4 (IV) Восточносибирская; 5 (V) Аляскинско-Чукотская; 6 (VI) Северо-Американская; 7 (VII) Канадского Арктического архипелага: а – ориентированные во впадину, b – ориентированные из впадины; 8 (VIII) Гренландская; 9 (IX) Исландская; 10 (X) Карпатская; 11 (XI) обобщённая группа подсистем Сибири и Азии, имеющих направленность к Северному полюсу; 12 (XII) Гиперборейская Fig. 7. The assumed primary position of the lithodynamic system of Hyperborea relative to the flow systems of the earth's surface of Eurasia and North America within the Arctic geo-depression. Scale 1: 40 000 000. Legend: Lithodynamic flow systems of the earth's surface, their numbers and direction vector: 1 (I) Russian-Scandinavian; 2 (II) Ural; 3 (III) Middle Siberian; 4 (IV) East Siberian; 5 (V) Alaskan-Chukchi; 6 (VI) North American; 7 (VII) Canadian Arctic Archipelago: a – oriented to the depression, b – oriented from the depression; 8 (VIII) Greenland; 9 (IX) Iceland; 10 (X) Carpathian; 11 (XI) generalized group of subsystems of Siberia and Asia, having orientation to the North pole; 12 (XII) Hyperborean

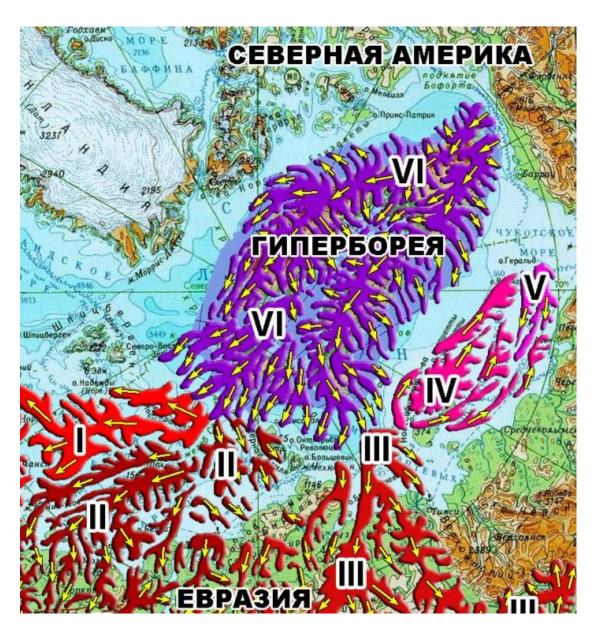


Рис. 8. Положение литодинамических систем Гипербореи-Гренландии относительно потоковых систем древнего фундамента.

Масштаб 1:40 000 000

Условные обозначения: 1 (I) Русско-Скандинавская система; 2 (II) Урало-Поволжская система; 3 (III) Сибирская система; 4 (IV) Восточносибирская система;

5 (V) Северо-Американская система

Fig. 8. The position of lithodynamic systems of Hyperborea-Greenland relative to the flow systems of the ancient Foundation.

Scale 1: 40 000 000

Legend: 1 (I) Russian-Scandinavian system; 2 (II) Ural-Volga system; 3 (III) Siberian system; 4 (IV) East Siberian system; 5 (V) North American system

По мнению автора, смещение Гипербореи произошло в результате импактного удара, который вырвал платформу со своего места. Предполагается, что в позднем кайнозое, в районе Берингова моря, на уровне 63–66-ой параллелей, южнее полуострова Чукотки произошло падение по касательной к поверхности планеты крупного космического тела. В результате взрыва сформировалась дуга Алеутских островов, разрушился перешеек Берингия. Направленный выброс энергии взрыва произошел в районе Чукотского плато. В ударной,

фронтовой части волна внедрилась в основание Гиперборейской платформы, выбив её со своего места, приподняв, развернув и сместив на территорию Канады. Поворотной осью Гипербореи мог быть современный Шпицберген. В результате столкновения двух платформ произошла деструкция Полярной Америки на тысячи фрагментов (Канадский Арктический архипелаг). Со временем Гиперборейская платформа медленно «сползала» с Северной Америки, заняв своё современное положение – остров Гренландия; на прежнем месте осталась впадина – Арктическая геодепрессия. «Сползание» могло стать причиной периодического затопления северных частей Евразии и Северной Америки, а так как катастрофа вызвала большой выброс тепловой энергии, то после активной вулканической фазы наступило остывание земной коры, что отразилось на климате, вызвав длительные ледниковые периоды, образовались обширные площади вечной мерзлоты Евразии и С. Америки. Реперной точкой событий может быть возраст дуги Алеутских островов – 35–37 млн лет назад, рубеж эоцена и олигоцена, что соответствует началу глобального похолодания (Кайнозойская ледниковая эпоха). Процессы вулканической и сейсмической активности затронули тихоокеанские побережья Северной Америки и Евразии. Известно, что из 47 известных извержений супервулканов 23 приходятся на этот период. Резкое изменение климата, значительные изменения в составе морской и наземной флоры и фауны («Великий перелом»), активные вулканические процессы, начало процессов альпийской складчатости могли быть последствиями данной катастрофы. К остаткам Гипербореи, вероятно, относятся все острова Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых. Затоплению также подверглись огромные площади Северного моря, шельфы Скандинавии и Британских островов.

# выводы

Полученные данные наглядно доказывают право на существование гипотезы о присутствии в более ранней истории Земли единой континентальной системы «Северная Америка – Гиперборея – Евразия». Моделирование перемещения острова Гренландии с его литодинамической системой в границы Арктической геодепрессии позволило объяснить не только причину аномального распространения потоков литодинамических систем из впадины на материк, а и найти «потерянную» Гиперборейскую платформу. Механизм разрушения естественной связи между Евразией и Северной Америкой имеет, предположительно, импактную природу. Определены вероятные точки вхождения космического тела в земную кору (между Чукоткой и Алеутскими островами) и ударной области воздействия на Гиперборейскую платформу (Чукотское плато). Автором предложено время глобальной катастрофы на границе эоцена и олигоцена – приблизительно 34 млн лет назад. Это время начала Кайнозойской ледниковой эпохи. Однако события могли иметь место и в более позднее время. Возможно, к ним имеют отношения катастрофы 12 000 лет назад или Всемирного потопа, если таковые имели место быть в истории Земли. Вероятно, опытный картограф Меркатор, изображая на своих картах Арктиду, использовал значительно более ранние данные, согласно которым Гиперборея занимала своё исходное положение. Помимо этого, гипотеза объясняет причины возникновения километровых толщ льда в Евразии и Северной Америке.

Статья не носит утвердительный характер. Тем не менее, в ней представлены существующие согласно исходным картам данные. Автор надеется, что статья послужит ключом к понимаю природы геологических процессов в Арктике, и не только в ней.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Богданов Н.А. Тектоника Арктического океана. Геотектоника, 2004. № 3. С. 13–30.
- 2. Зоненшайн Л.П., Натапов Л.М. Тектоническая история Арктики. Актуальные проблемы тектоники океанов и континентов. М., Наука, 1987. С. 31–57.
- 3. Ершов Ю.П., Красильщиков А.А., Воск В.Э., Шимараев Б.Н. Геотектоническая характеристика южной части Баренцевского шельфа. Геотектонические предпосылки к поискам

- полезных ископаемых на шельфе Северного Ледовитого океана. Л.: Ротапринт НИИГА, 1974.
- 4. Кабаньков В.Я., Андреева И.А. О геологической истории глубоководной части Амеразийского суббассейна. 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 293–305.
- 5. *Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И.* О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в её определении. Геотектоника, 2004. № 6. С. 33–48.
- 6. *Кинг Л*. Морфология Земли. М.: Прогресс, 1967. 558 с.
- 7. *Клёнова М.В.* Осадки Баренцева моря. Доклады академии наук СССР. Новая серия, 1940. Т. XXVI. № 8. С. 803–807.
- 8. Косько М.К., Буценко В.В., Иванов В.Л., Кораго Е.А., Поселов В.А., Супруненко О.И. К тектонике Северного Ледовитого океана и его континентальной окраины. 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. С. 16–43.
- 9. *Майел А.Д.* Осадконакопление и тектоника размытой границы плит с косым скольжением: Канадский Арктический архипелаг от 80 млн лет тому назад до настоящего времени. Доклады 27 МГК Геология Арктики. Кол. 04. М.: Наука, 1984. Т. А. С. 94–105.
- 10. Панов Д.Г. Морфология дна Мирового океана. Записки Географического общества СССР. Акад. наук СССР. Новая серия. Москва-Ленинград: Издательство АН СССР (Ленингр. отделение), 1963. Т. 23. 228 с.
- 11. Погребицкий Ю.Е. Геодинамическая система Северного Ледовитого океана и её структурная эволюция. Советская геология, 1976. № 12. С. 3–22.
- 12. *Погребицкий Ю.Е.* Раскрытие Северного Ледовитого океана и сопутствующие геологические процессы на окружающих континентах. Региональная геология и металлогения. 1997. № 7. С. 129–136.
- 13. Пущаровский Ю.М. Некоторые общие проблемы тектоники Арктики. Известия АН СССР. Серия геологическая, 1960. № 9. С. 15–28.
- 14. *Пущаровский Ю.М.* Тектоника Северного Ледовитого океана. Геотектоника, 1976. № 2. С. 3–14.
- 15. Ственанов И.Н. Методика составления серии среднемасштабных тематических карт «Природно-мелиоративная и сельскохозяйственная оценка Срединного региона СССР». Материалы Всесоюзной конференции «Оценка природно-мелиоративных условий и прогноз их изменений». Пущино, 1977. С. 23–93.
- 16. Степанов И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты. М.: Наука, 2006. 230 с.
- 17. *Степанов И.Н., Баранов И.П., Степанова В.И.* Опыт картографического изучения пластики рельефа дна Северного Ледовитого океана. Доклады Академии Наук, 2008. Т. 423. № 2. С. 257–261.
- 18. Тектоника Северной Полярной области Земли. Объяснительная записка к тектонической карте северной Полярной области Земли м-ба 1:5 000 000. Ред. Б.Х. Егиазаров Л.: НИ-ИГА, 1977. 200 с.
- 19. *Филатова Н.И., Хаин В.Е.* Тектоника восточной Арктики. Геотектоника, 2007. № 3. С. 3–29.
- 20. Хейзен Б., Тарп М., Юинг М. Дно Атлантического океана. М.: Издательство иностранной литературы, 1962. 147 с.
- 21. Шатский Н.С. О тектонике Арктики. Геология и полезные ископаемые Севера СССР. Т. 1. Геология. Л.: Издательство Главсевморпути, 1935. С. 149–168.
- 22. *Шатский Н.С.* О тектонике Арктики. Избранные труды. Т. 1. М.: АН СССР, 1963. С. 426–444.

23. Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.L., Stone D.B., Scholl D.W., Fujita K. Phanerozoic tectonic evolution of the circum-north Pacific. U.S. Geological Survey, 1998. Open-File report 98-754. 125 p.

### **REFERENCES**

- 1. Bogdanov N.A. Tectonics of the Arctic ocean. Geotectonics, 2004. No 3. P. 13–30 (in Russian).
- 2. Ershov Yu.P., Krasil'shchikov A.A., Wosk E.V., Shimaraev B.N. Tectonic characteristics of the southern part of the Barents shelf. Geotectonic background to mineral exploration on the shelf of the Arctic Ocean. Leningrad: Rotaprint of Scientific Research Institute of Arctic Geology (SRIAG), 1974 (in Russian).
- 3. *Filatova N.I.*, *Khain V.E.* Tectonics of the Eastern Arctic. Geotectonics, 2007. No 3. P. 3–29 (in Russian).
- 4. *Hazen B., Tharp M., Ewing M.* The Bottom of the Atlantic Ocean. Moscow: Publishing House of Foreign Literature, 1962. 147 p. (in Russian).
- 5. *Kaban'kov V.I.*, *Andreeva I.A.*, *Ivanov V.N.*, *Petrov V.I.* On the geotectonic nature of the system of Central Arctic morphostructures and the geological significance of bottom sediments in its determination. Geotectonics, 2004. No 6. P. 33–48 (in Russian).
- 6. *Kaban'kov V.Ya.*, *Andreeva I.A.* Geological history of the deep-water part of the Amerasian subbasin. 60 years in the Arctic, Antarctica and oceans. St. Petersburg: All-Russian Research Institute "Ocean geology", 2008. P. 293–305 (in Russian).
- 7. King L. Morphology of the Earth. Moscow: Progress, 1967. 558 p. (in Russian).
- 8. *Klyonova M.V.* Sediments of the Barents Sea. Reports of the Academy of Sciences of the USSR. New series, 1940. V. XXVI. No 8. P. 803–807 (in Russian).
- 9. Kos'ko M.K., Butsenko V.V., Ivanov V.L., Korago E.L., Poselov V.A., Suprunenko O.I. To the tectonics of the Arctic ocean and its continental margin. 60 years in the Arctic, Antarctica and oceans. St. Petersburg: All-Russian Research Institute "Ocean geology", 2008. P. 16–43 (in Russian).
- 10. *Maiel A.D.* Sedimentation and tectonics of a diffuse boundary plates with an oblique slide: Canadian Arctic Archipelago from 80 million years ago up to the present time. Reports 27 CIM Geology of the Arctic. Kol. 04. Moscow: Science, 1984. V. A. P. 94–105 (in Russian).
- 11. Nokleberg W.J., Parfenov L.M., Monger J.W.H., Norton I.O., Khanchuk A.L., Stone D.B., Scholl D.W., Fujita K. Phanerozoic tectonic evolution of the circum-north Pacific. U.S. Geological Survey, 1998. Open-File report 98-754. 125 p.
- 12. *Panov D.G.* Morphology of the bottom of the world ocean. Notes of the Geographical society of the USSR. Acad. of Sciences of the USSR. New series. Moscow, Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences (Leningrad Department), 1963. V. 23. 228 p. (in Russian).
- 13. *Pogrebitskiy Y.E.* Disclosure of the Arctic ocean and related geological processes on the surrounding continents. Regional Geology and metallogeny, 1997. No 7. P. 129–136 (in Russian).
- 14. *Pogrebitsky Y.E.* The geodynamic system of the Arctic Ocean and its structural evolution. Soviet Geology, 1976. No. 12. P. 3–22 (in Russian).
- 15. *Pushcharovsky Y.M.* Some General problems of tectonics of the Arctic. News of the USSR Academy of Sciences. Geological series, 1960. No 9. P. 15–28 (in Russian).
- 16. *Pushcharovsky Y.M.* Tectonics of the Arctic Ocean. Geotectonics, 1976. No 2. P. 3–14 (in Russian).
- 17. *Shatsky N.S.* On tectonics of the Arctic. Geology and minerals of the North of the USSR. V.1. Geology. Leningrad: Publishing House of the Northern Sea Route, 1935. P. 149–168 (in Russian). 18. *Shatsky N.S.* On tectonics of the Arctic. Selected Works. V. 1. Moscow: USSR Academy of Sciences, 1963. P. 426–444 (in Russian).
- 19. Stepanov I.N. Methods of drawing up a series of medium-scale thematic maps "Natural reclamation and agricultural assessment of the Central region of the USSR". Proceedings of the All-

Union Conference "Assessment of natural-reclamation conditions and forecast of their changes". Pushchino, 1977. P. 23–93 (in Russian).

- 20. *Stepanov I.N.* Theory of relief plastic and new thematic maps. Moscow: Science, 2006. 230 p. (in Russian).
- 21. Stepanov I.N., Baranov I.P., Stepanova V.I. Experience of cartographic study of relief plastic of the bottom of the Arctic Ocean. Reports of the Academy of Sciences, 2008. V. 423. No 2. P. 257–261 (in Russian).
- 22. Tectonics of the Northern Polar region of the Earth. Explanatory note to the tectonic map of the Northern Polar region of the Earth on the map of the scale 1: 5 000. Ed. by B.Kh. Egiazarov. Leningrad: Research Institute of Civil Aviation, 1977. 200 p. (in Russian).
- 23. Zonenshain L.P., Natapov L.M. Tectonic history of the Arctic. Actual problems of tectonics of oceans and continents. Moscow: Science, 1987. P. 31–57 (in Russian).

УДК: 551.578.48 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-66-76

М.А. Викулина1

# ОЦЕНКА ЛАВИННОГО РИСКА В ХИБИНАХ

### **АННОТАЦИЯ**

В последние годы правительство Российской Федерации уделяет много внимания эксплуатации российских арктических территорий, в том числе и оценке лавинной опасности от снежных лавин с целью уменьшения количества смертельных случаев и экономических потерь. Жертв от снежных лавин не становится меньше, несмотря на рост знаний о лавинах. Для увеличения безопасности местного населения и развития туризма в горных районах необходима своевременная количественная оценка индивидуального лавинного риска.

Хибины невелики по площади и высоте (1200 м), но в то же время это самый освоенный горный район Арктики, где с начала XX века человек ведёт постоянную борьбу с лавинами. Хибины полностью освоены человеком, здесь расположены крупные горнодобывающие предприятия, индустриальные объекты, горнолыжные центры. Катастрофические события, связанные с лавинами, случаются в Хибинах практически ежегодно. И если в середине XX века удалось снизить количество жертв и размер ущерба за счет противолавинных мероприятий, то в последние годы наметилась тенденция увеличения частоты попадания людей в лавины за счёт расширения горнодобывающей инфраструктуры и появления новых туристических направлений.

В данной работе представлены результаты оценки индивидуального лавинного риска в Хибинах, который определялся с помощью методики, основанной на учёте параметров лавинной активности и социально-экономических параметров, характеризующих уязвимость человека по отношению к лавинам в пространстве и во времени. Метод был апробирован для Хибин в рамках существующей полимасштабной ГИС «Хибины».

Такая оценка выявляет территории с неприемлемым уровнем риска, в которых необходимо проводить противолавинные мероприятия для его снижения. В результате определены районы с неприемлемым уровнем риска, которые находятся в окрестностях города Кировска и занимают 1,2 % от всей площади горного массива. Использованная методика расчёта индивидуального лавинного риска даёт надёжные результаты для его оценки в среднем масштабе и может успешно применяться в среде ГИС.

**КЛЮЧЕВЫЕ** СЛОВА: Арктика, Хибинские горы, лавинный риск, индивидуальный лавинный риск, оценка риска

Marina A. Vikulina<sup>2</sup>

### ESTIMATION OF AVALANCHE RISK IN KHIBINY

### **ABSTRACT**

In recent years, the Government of the Russian Federation considerably increased attention to the exploitation of the Russian Arctic territories. Simultaneously, the evaluation of snow avalanches danger was enhanced with the aim to decrease fatalities and reduce economic losses. However, it turned out that solely reporting the degree of avalanche danger is not sufficient. Instead,

Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, e-mail: masanna2003@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский Государственный Университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Кафедра криолитологии и гляциологии, Ленинские горы, 1, Москва, 119991, *e-mail:* masanna2003@mail.ru <sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of a cryolithology and glaciology,

quantitative information on probabilistic parameters of natural hazards, the characteristics of their effects on the environment and possibly resulting losses is increasingly needed. Such information allows for the estimation of risk, including risk related to snow avalanches.

Here, snow avalanche risk is quantified for the Khibiny Mountains, one of the most industrialized parts of the Russian Arctic: major parts of the territory have an acceptable degree of individual snow avalanche risk ( $<1\times10^{-6}$ ). The territories with an admissible ( $10^{-4}-10^{-6}$ ) or unacceptable degree of individual snow avalanche risk (0.2 and 1.2 % of the total area) correspond to the Southeast of the Khibiny Mountains where settlements and mining industries are situated. Moreover, due to an increase in winter tourism, some traffic infrastructure is located in valleys with and admissible or unacceptable degree of individual snow avalanches risk.

In this work method of estimation individual avalanche risk of Khibiny Mountains with helps GIS technologies are offered and tested. In this paper, a method for assessing the individual avalanche risk Khibin using GIS technologies was proposed and tested.

**KEYWORDS**: Arctic, Khibiny Mountains, avalanche risk, individual avalanche risk, estimation of risk

# **ВВЕДЕНИЕ**

В последние десятилетия активно расширяются исследования проблем оценки, анализа и управления риском. Под риском наиболее часто понимается вероятность нежелательных последствий какого-либо действия или воздействия. Риск является количественной мерой опасности и определяется с помощью статистических данных или имитационных моделей [Мамаев, Андреев, 2002; Fuchs et al., 2008; Fuchs, 2009]. Управление риском – это заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению. Управление риском ведётся на основе оценки риска, где риск есть функция от подверженности рассматриваемого объекта опасным воздействиям, чувствительности или уязвимости его к этим воздействиям и защищенности от них [Мягков, Шныпарков, 2004]. Если риск оказывается велик, то его снижение возможно за счёт усиления защиты либо уменьшения подверженности или чувствительности (уязвимости).

Если говорить о *павинном риске*, то это — вероятность потерь, возникающая вследствие воздействия снежных лавин за определённое время (например, за год). Потери могут выражаться различными показателями: числом жертв, гибели индивидуумов из общности людей, проживающих или находящихся на определённой территории, вероятными размерами ущерба, долей разрушенных, повреждённых зданий и сооружений, суммой простоя на различных видах транспортных коммуникаций, вызванных деятельностью снежных лавин [Мягков, 2000].

Хибины — это уникальный горный район Арктики. Здесь люди соседствуют с лавинами с 30-х годов XX века. Во время освоения горной территории они столкнулись с большими человеческими потерями и экономическим ущербом. Как результат такого взаимодействия в Кировске был создан Центр Лавинной Безопасности ОАО «Апатит» (ЦЛБ), который является старейшим заведением подобного рода в нашей стране.

В XXI веке мы можем наблюдать в Хибинах все возможные типы инфраструктуры: автомобильные и железные дороги, трубопроводы, линии электропередач, карьеры, жилые здания. Кроме того, Хибины – это крупный туристический центр Европейской части нашей страны. Промышленный комплекс, основанный на добыче апатита, изменил рельеф гор на большой доле их площади. И в то время, как некоторые старые добывающие комплексы со всей соответствующей инфраструктурой оставлены, появляются новые карьеры и места добычи. Всё это становится причиной того, что оценка степени риска для данной территории является первостепенной задачей.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для целей управления риском применяют разные его уровни, такие, как неприемлемый, приемлемый, допустимый, пренебрежимый, вынужденный. На основе опыта других стран в нашей стране предлагаются следующие градации шкалы индивидуального риска для уже существующих зданий, сооружений и т.п. [Воробьёв, 2005]:

- менее  $1 \cdot 10^{-6}$  «**приемлемый риск**»; безопасность населения обеспечивается в основном с применением организационно-хозяйственных мероприятий;
- $1 \cdot 10^{-6} 1 \cdot 10^{-4}$  «**допустимый риск**»; развитие инфраструктуры возможно, но требует значительных затрат на противолавинные мероприятия;
- более  $1 \cdot 10^{-4}$  «**неприемлемый риск**»; жертвы и разрушения неизбежны, освоение территорий невозможно.

На региональном уровне для расчёта индивидуального риска применяется методика расчёта карстового риска [Ёлкин, 2004], которая была апробирована для расчёта лавинного риска и показала достоверные результаты [Викулина, 2011]. В основе этой методики лежит положение, что индивидуальный риск есть функция подверженности населения в пространстве и во времени неблагоприятному природному процессу на конкретной территории. Для расчёта индивидуального риска используются геофизические параметры природного явления и социально-экономические параметры, характеризующие рассматриваемую территорию.

Оценка индивидуального лавинного риска для Хибин проводится в рамках существующей полимасштабной ГИС «Хибины» с использованием ГИС-пакетов ArcGIS и MapInfo. Возможности данных программ позволяют производить расчёты и создавать карты различных параметров, необходимых для определения лавинного риска [Викулина, 2008]. Оценка индивидуального лавинного риска на весь горный массив Хибин проводилась в среднем масштабе (1:200 000).

Алгоритм расчёта индивидуального лавинного риска состоит в следующем:

- выбор источников информации;
- создание карт характеристик, использующихся для расчёта риска;
- расчёт уязвимости населения во времени;
- расчёт уязвимости населения в пространстве;
- расчёт полного социального риска;
- расчёт индивидуального риска.

# Выбор источников информации

Для расчёта индивидуального риска необходимы сведения как о параметрах лавинной деятельности, так и об уязвимости населения. Источником информации по снежным лавинам являются либо фактические данные, либо сведения, полученные из карт параметров лавинной активности, созданных практически на все регионы России. В мелком масштабе таким источником могут служить карты Атласа снежно-ледовых ресурсов мира [Атлас..., 1997]. Для Хибин были использованы лавинные карты в масштабе 1:200 000, содержащиеся в ГИС «Хибины» [Викулина, 2007]: средняя многолетняя повторяемость лавин, продолжительность лавиноопасного периода, степень лавинной активности.

Социально-экономические параметры получены из существующих электронных карт природных зон, населённых пунктов, автомобильных дорог ESRI (США), административно-территориального деления России. Использованы также статистические данные Всероссийской переписи населения 2002 года и сведения, полученные в районных отделах ЗАГС, ГИББД. Данные по туристическому потоку в Хибинах основаны на сведениях таких организаций, как МЧС, администрации гостиниц и горнолыжных комплексов.

# Создание карт характеристик, использующихся для расчёта лавинного риска

Необходимыми параметрами лавинной деятельности для оценки индивидуального лавинного риска являются:

• продолжительность лавиноактивного периода;

- поражённость территории лавинным процессом;
- повторяемость лавин.

Уязвимость человека характеризуется следующими параметрами:

- наличие и размеры населённых пунктов, транспортных коммуникаций, индустриальных объектов;
- продолжительность пребывания человека в зоне воздействия лавин в течение года и в течение дня;
  - численность населения;
  - плотность населения.

Для получения экономических параметров в среде ГИС на топографическую основу наносятся контуры объектов, которые обладают общностью социальных характеристик, например, территория города, рудника, предприятия, туристические маршруты, горнолыжные трассы, места катания вне трасс. Для каждого территориального объекта определяется площадь и значение максимальной численности людей, которые могут находиться в данном месте в течение суток. Для города это — численность населения, для промышленного предприятия — численность работающих там людей, для горнолыжного склона — максимальное количество катающихся человек в день, для ненаселённых территорий, посещаемых туристами — данные по максимальному количеству человек, проходящих по данному маршруту в день. Таким образом, мы можем получить значение максимальной плотности людей, которые могут находиться в данном месте.

**Уязвимость населения во времени** определяется с помощью формулы (1), которая представляет собой соотношение времени нахождения человека в опасном месте в течении суток и в течении года:

$$Y_{s} = \frac{td}{24} \times \frac{ty}{365} \tag{1},$$

где td — средняя продолжительность пребывания типичного представителя в поражаемом объекте в течение дня (час); ty — средняя продолжительность пребывания типичного представителя в поражаемом объекте в течение года (день).

Числовые значения *td* устанавливаются путём экспертной оценки в зависимости от наличия в исследуемом районе населённых пунктов и дорог:

- 1) если нет ни дорог, ни населённых пунктов, то td = 1 секунде (0,0003 часа);
- 2) если есть дорога, то td = 1 минуте (0,02 часа);
- 3) если на территории расположены населённые пункты, то td = 1 час;
- 4) если на территории есть город, то td = 12 часов.

Значение параметра *ty* определяется продолжительностью лавиноактивного периода и зависит от характера использования человеком данной территории: местное население, работники предприятий имеют уязвимость, равную продолжительности лавиноактивного периода – 7 месяцев (для Хибин); участки горнолыжных трасс функционируют около 5 месяцев, а в зимние туристические походы ходят с февраля по апрель, то есть только 3 месяца.

Уязвимость населения в пространстве определяется с помощью отношения:

$$Y_n = \frac{S_i}{S_0} \tag{2},$$

где  $S_i$  — площадь зоны, подверженной воздействию лавинного процесса в пределах исследуемой территории;  $S_0$  — общая площадь исследуемой территории.

**Полный социальный риск поражения населения** вычисляется по формуле (3) и показывает, сколько человек может погибнуть в снежных лавинах за год на исследуемой территории:

$$R_n = \Pi \times d \times Y_e \times Y_n \tag{3},$$

где  $\Pi$  – повторяемость лавин; d – максимально возможная плотность населения;  $V_{\it s}$  – уязвимость населения во времени;  $V_{\it n}$  – уязвимость населения в пространстве.

**Расчёт индивидуального лавинного риска.** Индивидуальный риск — это вероятность гибели произвольного индивида из некоторой совокупности людей на исследуемой территории в результате схода снежной лавины:

$$R_{un\partial} = \frac{R_n}{D} \tag{4},$$

где D – численность населения.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время в Хибинах на значительной площади ведётся добыча апатитовой руды. В городе Кировске, расположенном в горах, проживает порядка 35 000 человек. Около 20–30 тысяч человек посещают данный район в течение зимнего туристического сезона. Городские постройки, промышленные предприятия и туристическая инфраструктура находятся в зоне постоянного воздействия лавин. За зиму на территории, примыкающей к жилищной застройке города Кировска, по данным Центра лавинной безопасности (ЦЛБ) отмечается до 223 лавин (зима 1983–1984 годов).

Самые большие потери от снежных лавин приходятся на период освоения и начала добычи (до начала 1940-х годов) — это 120 погибших и 220 пострадавших людей. Это более половины жертв от лавин за все последующие годы. Всего по обобщённым данным за весь период освоения в Хибинах погибло от лавин около 200 и пострадало свыше 300 человек (рис. 1).

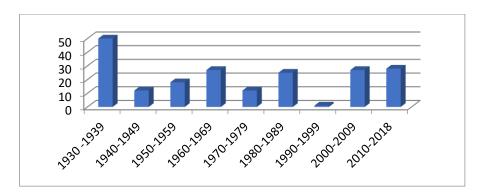


Рис. 1. Количество жертв и пострадавших от лавин по десятилетиям. Высота столбика за 1930–1939 годы уменьшена Fig. 1. The number of the victims of avalanches by decades. Column height for 1930–1939 is reduced

В начале эпохи освоения Хибин значительная часть жертв от лавин погибала под завалами разрушенных домов. Впоследствии, когда началось строительство противолавинных дамб, гибель людей от повреждения зданий и сооружений значительно снизились.

Начиная с 1960-х и до конца 1990-х годов (XX век) самую большую долю (45 %) занимают туристы-лыжники (рис. 2).

В последние десятилетия повысилась доля жертв от лавин среди любителей фрирайда (рис. 3), а, кроме того, появилась новая категория попадающих в лавины людей — это водители снегоходов (рис. 2).

Количество катастрофических лавин — тех лавин, в которых погибли люди, — было велико в 1930-х годах (рис. 4). В дальнейшем в результате активно проводимых противолавинных мероприятий произошло снижение таких событий. В связи с развитием туризма в 80-х годах можно наблюдать увеличение этого показателя. Также на графике хорошо заметен «застой» в 1990-х годах. Начиная с 2000 года наблюдается увеличение количества лавин из-за развития туризма и увеличения площади горнодобывающих предприятий.

На основании собранных данных о лавинах и социально-экономических показателях в среде ГИС была проведена оценка индивидуального лавинного риска на всю территорию Хибин.

Итоги расчёта и картографирования индивидуального лавинного риска показывают, что основная часть территории Хибин имеет приемлемый уровень риска, не превышающий значений  $1*10^{-6}$  чел./год (рис. 5).

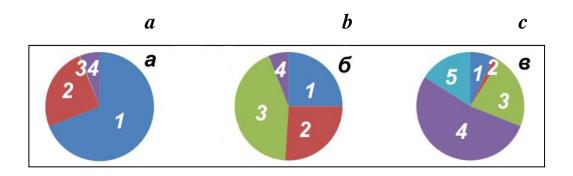


Рис. 2. Процентное соотношение различных групп населения, погибших и пострадавших от лавин:

а) 1930–1959 годы; б) 1960–1999 годы; в) 2000–2018 годы.

Места попадания в лавину:

1 - в жилищах; 2 - на рудниках;

- 3 в горах в низовьях долин (геологи, охотники, туристы-лыжники);
- 4 в горах на склонах фрирайд, альпинисты, горнолыжный спорт;
  - 5 снегоходный туризм (в горах)

Fig. 2. The percentage ratio of various groups of the population, dead and injured from avalanches:

- a) 1930–1959; b) 1960–1999; c) 2000–2018. The places of hit during into an avalanche:
  - 1 in dwellings (locals); 2 on mines (locals);
- 3 in mountains in lower reaches of valleys (geologists, hunters, skier tourists);
  - 4 in mountains on slopes freeride, climbers, mountain skiing;
    - 5 snowmobile tourism (in the mountains)



Рис. 3. Поисково-спасательные работы в лавине, в которой 10.04.2006 погибли 4 человека (катание «вне трасс»). Фото С.К. Коняева

Fig. 3. Search and rescue work in an avalanche in which 10.04.2006 died 4 people (skiing "off-piste")

Photo by S.K. Konyaev

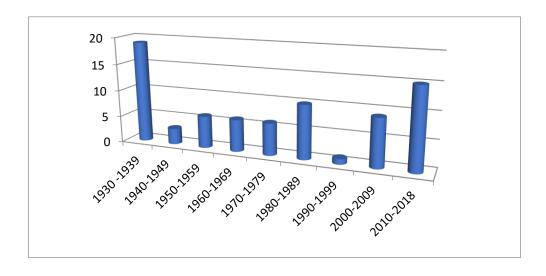


Рис. 4. Количество катастрофических лавин по десятилетиям Fig. 4. Quantity of catastrophic avalanches by decades

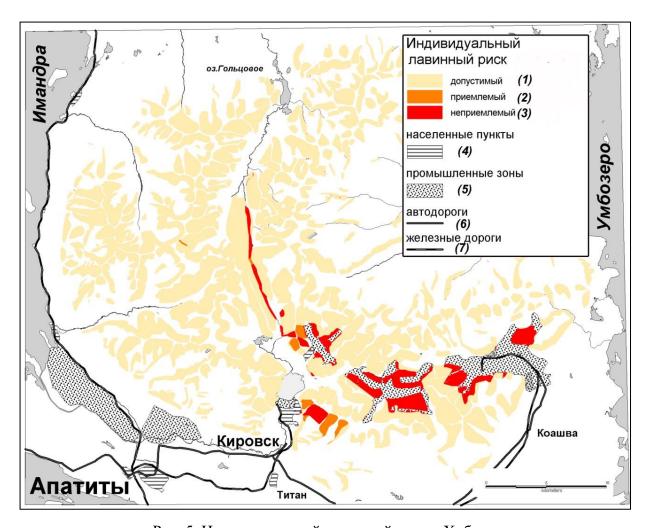


Рис. 5. Индивидуальный лавинный риск в Хибинах. Оценка проведена в масштабе 1:200 000. Fig. 5. The individual snow avalanche risk in the Khibiny Mountains. The estimate was carried out on a scale of 1: 200 000. Legend: individual snow avalanche risk:

1 – acceptable; 2 – admissible; 3 – unacceptable

4 – settlements; 5 – industrial zones; 6 – roads; 7 – railroads

Наибольшие площади районов с допустимым и неприемлемым уровнем индивидуального лавинного риска (0,2 и 1,2 % соответственно от всей площади горного массива) расположены на юго-востоке Хибин, где находятся населённые пункты и горнодобывающие предприятия, а также в долине реки Кукисвумчорр, по которой проходят в зимний период основные, наиболее часто посещаемые туристические маршруты.

Высокие значения индивидуального лавинного риска характерны для территорий развития горнолыжного спорта. Практически все существующие горнолыжные комплексы Хибин расположены на лавиноактивных склонах. Многие горнолыжные трассы и сооружения строились без учёта лавинной опасности — например, горнолыжный комплекс на западном склоне горы Айкуайвенчорр в черте города Кировска, трассы которого могут поражаться снежными лавинами. До 90-х годов XX века Центр лавинной безопасности ОАО «Апатит» производил профилактические обстрелы лавинных очагов, расположенных на склоне горы Айкуайвенчорр, и отвечал за безопасность горнолыжных трасс. В настоящий момент таких мероприятий не проводится и в результате лавины являются причиной разрушений инфраструктуры горнолыжного комплекса и гибели людей (рис. 6).

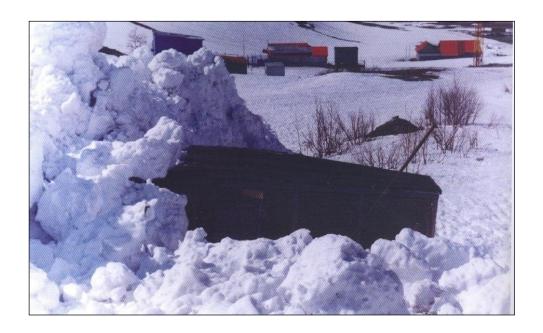


Рис. 6. Лавина, сошедшая 10.05.2003 с горы Айкуайвенчорр, которая дошла до нижней станции бугельного подъёмника. Фото Центра лавинной безопасности ОАО «Апатит»

Fig. 6. The avalanche that came down from Aykuayvenchorr mountain 10.05.2003 which reached the lower station of the alpine skiing elevator (rope tow). Photo by the Avalanche Security Center OJSC "Apatit"

Участки лавиносборов, в которых происходит катание «вне трасс», характеризуются повышенными значениями индивидуального риска. На повышение безопасности в этом направлении повлиять трудно, так как люди осознанно или неосознанно идут на этот риск. Даже в таких развитых странах, как Канада, среднее число погибших от внетрассового катания, только в Mountain National Parks в штате Альберта составляет 4–5 (максимально до 12) человек в год [Parks..., 2003]. Если рассматривать Францию, то здесь цифры ещё более впечатляющи: в начале 2000-х годов за 7 лет во Французских Альпах погибли более 180 человек [Седова и др., 2008]. Таким образом, смертность от таких событий в Хибинах будет только расти.

В пределах промышленных объектов ОАО «Апатит», где отдельные участки характеризуются неприемлемыми значениями индивидуального лавинного риска, его снижают до допустимого уровня путём строительства инженерных противолавинных сооружений и искусственным обрушением лавин миномётными обстрелами.

Данный метод показал достоверные результаты (табл. 1).

Табл. 1. Значения расчётного и «реализованного» индивидуального лавинных рисков в Хибинах

Table 1. Calculated value and "realized" individual avalanche risks in Khibiny Mountains

Лавинный риск	расчётный	«реализованный»
Индивидуальный риск	2,3*10 <sup>-4</sup>	3*10 <sup>-5</sup>

Произведённая оценка индивидуального лавинного риска показывает, что, хотя основная часть горного массива Хибин находится в зоне приемлемого риска, в пределах города Кировска существуют районы с неприемлемыми значениями; в основном они являются местами развития активного отдыха.

## выводы

В результате проведённых исследований можно сказать, что количество жертв от лавин в конце XX столетия снижалось, но в последние десятилетия наметилась тенденция увеличения роста жертв от лавин за счёт любителей фрирайда, снегоходного туризма и расширения промышленной зоны.

На всю территорию Хибин была произведена оценка индивидуального лавинного риска в рамках ГИС «Хибины». Применяемая методика основана на том, что индивидуальный риск есть функция подверженности населения в пространстве и во времени неблагоприятному природному процессу на конкретной территории.

Предложенная методика расчёта индивидуального лавинного риска даёт надёжные результаты для его оценки в среднем масштабе и может успешно применяться в ГИС.

Проведённая оценка показывает, что бо́льшая часть горного массива Хибин находится в зоне приемлемого уровня риска. Районы с допустимым и неприемлемым уровнями риска занимают небольшую площадь на юго-востоке Хибин и в долине реки Кукисвумчорр и требуют принятия мер по защите от лавин путём применения организационных, профилактических и инженерных мер.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира. М.: ГУГК, 1997. 264 с.
- 2. *Викулина М.А.* Лавинная активность, опасность и риск оценка с применением ГИСтехнологий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск—Йеллоунайф, 2007. Т. 13. С. 281–290.
- 3. *Викулина М.А*. Использование геоинформационных систем для исследования гляциально-нивальных явлений в Хибинах. Материалы гляциологических исследований, 2008. № 105. С. 120–124.
- 4. Bикулина M.A. Индивидуальный лавинный риск в Хибинах. Лёд и снег, 2011. № 4. С. 57—61
- 5. *Воробьёв Ю.Л.* Безопасность жизнедеятельности (некоторые аспекты государственной политики). М.: Деловой экспресс, 2005. 363 с.
- 6. *Ёлкин В.А.* Региональная оценка карстовой опасности и риска: на примере Республики Татарстан. Автореф. дисс. на степень кандидата геолого-минералогических наук. М., 2004. 27 с
- 7. Мамаев Ю.А., Андреев Ю.Б. Глоссарий. Природные опасности России. Т. 1. Природные опасности и общество. М.: Крук, 2002. С. 234–245.
- 8. *Мягков С.М.* Множественность показателей измерения природного риска. Оценка и управление природными рисками. М.: Анкил, 2000. С. 296–300.
- 9. *Мягков С.М., Шныпарков А.Л.* Концепция риска. География, общество, окружающая среда. Природно-антропогенные процессы и экологический риск. М.: Издательский дом «Городец», 2004. Т. IV. С. 265–274.
- 10. Седова А.С., Клименко Е.А., Воронина Ю.Г., Селиверстов Ю.Г. Цифровая модель рельефа как основа для использования снежных лавин. Тезисы докл. XIV гляциолог. симпоз. «Гляциология от МГГ до МПГ». Иркутск, 2008. С. 112.
- 11. Fuchs S., Kaitna R., Scheidl C., Hübl J. The application of the risk concept to debris flow hazards. Geomechanics and Tunnelling, 2008. No 1 (2). P. 120–129. DOI: 10.1002/geot. 200800013.

- 12. Fuchs S. Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria Paradigms of vulnerability revisited. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009. No 9 (2). P. 337–352.
- 13. Parks Canada's backcountry avalanche risk review. Report of the independent panel. Prepared for Parks Canada. Ottawa: Independent Panel for Parks Canada, 2003. 80 p.

#### **REFERENCES**

- 1. Atlas of snow and ice resources of the world. Moscow: Main Department of Geodesy and Cartography (MDGC), 1997 (in Russian).
- 2. Fuchs S. Susceptibility versus resilience to mountain hazards in Austria Paradigms of vulnerability revisited. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2009. No 9 (2). P. 337–352.
- 3. Fuchs S., Kaitna R., Scheidl C., Hübl J. The application of the risk concept to debris flow hazards. Geomechanics and Tunnelling, 2008. No 1 (2). P. 120–129. DOI: 10.1002/geot. 200800013.
- 4. *Mamaev Yu.A.*, *Andreev Yu.B.* Glossary. Natural hazards of Russia. V. 1. Natural hazards and society. Moscow: Kruk, 2002. P. 234–245 (in Russian).
- 5. *Myagkov S.M.* Plurality of indicators of measurement of natural risk. Assessment and management of natural risks. Moscow: Ankil, 2000. P. 296–300 (in Russian).
- 6. *Myagkov S.M.*, *Shnyparkov A.L*. The concept of risk. Natural dangers in Russia. Geography, society, environment. Natural and anthropogenic processes and environmental risk. Moscow: Publishing house "Gorodets", 2004. V. IV. P. 265–274 (in Russian).
- 7. Parks Canada's backcountry avalanche risk review. Report of the independent panel. Prepared for Parks Canada. Ottawa: Independent Panel for Parks Canada, 2003. 80 p.
- 8. *Sedova A.C., Klimenko E.A., Voronina Yu.G., Seliverstov Yu.G.* Digital model of a relief as basis for use of avalanches. Theses of the XIV glaciological Symposium "Glaciology from IGY to IPY". Irkutsk, 2008. P. 112 (in Russian).
- 9. *Vikulina M.A.* Avalanche activity, danger and risk assessment with application of GIS technologies. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Khanty-Mansiysk–Yellowknife, 2007. V. 13. P. 281–290 (in Russian, abs English).
- 10. *Vikulina M.A.* Use of geographic information systems for a research of the glacial-nival phenomena in Khibiny Mountains. Materials of glaciological studies, 2008. No 105. P. 120–124 (in Russian).
- 11. *Vikulina M.A.* Individual avalanche risk in Khibiny Mountains. Ice and snow, 2011. No 4. P. 57–61 (in Russian).
- 12. *Vorobyov Yu.L.* Health and safety (some aspects of state policy). Moscow: Business Express, 2005. 363 p. (in Russian).
- 13. Yolkin V.A. Regional assessment of karst hazard and risk (with Republic of Tatarstan as an example). Author's abstract of diss. for the degree of pHd of geological and mineralogical sciences. Moscow: Institute of Geoecology RAS. 2004. 158 p. (in Russian).

УДК 551.435.34 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-77-89

# А.В. Гаврилов<sup>1</sup>, Е.И. Пижанкова<sup>2</sup>

# КРИОЛИТОМОРФОГЕНЕЗ НА МЕЛКОВОДЬЯХ АРКТИЧЕСКИХ МОРЕЙ В СВЯЗИ С СОВРЕМЕННЫМ ПОТЕПЛЕНИЕМ

### **АННОТАЦИЯ**

Охарактеризовано осадконакопление с образованием островов на банках и мелководьях морей Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского. Эти острова формируются на месте островов-реликтов ледового комплекса позднего плейстоцена. Ранее в течение многих веков подводные возвышенности размывались, а морские глубины на их месте нарастали. Показано, что новообразование островов является следствием современного потепления. Потепление в Арктике усиливается повышением температуры придонной воды, сокращением ледовитости морей и понижением альбедо. Потепление приводит к увеличению темпов отступания льдистых берегов под действием термоабразии и термоденудации, стимулирует сезонное и многолетнее оттаивание донных пород. Результатом потепления является накопление огромного количества талых и сезонно оттаивающих осадков. Увеличение безлёдного времени и усиление штормовой активности приводят к усиленному волновому перемещению осадков.

Мелководьям арктических морей свойственно обилие ледяных образований – торосов и стамух. Перемещаемые волнением осадки складируются вокруг стамух, как у береговой черты. Стамухи стаивают в конце летнего сезона, а аккумулятивные образования – подводные и надводные, часто образованные в виде кольца – остаются. Низкие зимние температуры воздуха приводят к их промерзанию; при этом подводное промерзание происходит в слое смерзания сезонного льда с дном моря (слой припая). Таким образом, на Васильевской банке образовался кольцеобразный остров Яя, открытый в 2013 году. В последние годы на топографических картах в морях Лаптевых и запада Восточно-Сибирского появился ряд новых островов – Неизвестные к юго-востоку от Земли Бунге, Затопляемый – к востоку от дельты реки Лены.

Острова в виде колец или атоллов формировались и в прошлые потепления. В морях Лаптевых и Восточно-Сибирском – это острова Песчаный и Наносный. В холодной северовосточной части Карского моря к островам с причленёнными дугообразными косами относятся острова Воронина, Уединения, острова архипелага Сергея Кирова и другие.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**: банки и мелководья, субмаринные многолетнемёрзлые породы, среднемноголетняя температура придонной воды и донных осадков, слой припая, прибрежно-морское осадконакопление, стамухи

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, геологический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: gavrilov@bk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, геологический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: pijankova@yandex.ru

## Anatoliy V. Gavrilov<sup>1</sup>, Elena I. Pizhankova<sup>2</sup>

# CRYOLITHOMORPHOGENESIS IN THE SHALLOWS OF THE ARCTIC SEAS IN CONNECTION WITH MODERN WARMING

#### **ABSTRACT**

The sedimentation with the formation of islands on the banks and shallows of the Laptev and western parts of the East Siberian Sea is characterized. These islands are formed on the site of islands-relicts of the late Pleistocene ice complex. Earlier for many centuries the underwater elevations were eroding, the depths of the sea in their place grew. It is shown that the appearance of islands is a consequence of modern warming. Warming in the Arctic is reinforced by an increase in the temperature of the bottom water, a reduction of ice coverage, and decrease in the albedo. Warming leads to an increase in the retreat rates of the icy coasts under the influence of thermal abrasion and thermal denudation, stimulates seasonal and long-term thawing of bottom sediments. The result of warming is the accumulation of a huge volume of thawed and seasonally thawing deposits. Elongation of ice-free period and intensification of storm activity lead to increased wave movement of sediments.

Shallows of the Arctic seas are characterized by an abundance of ropes and stamukhas. Sediments moved by waves are stored around the stamukhas, like the coastline. Stamukhas melts at the end of the summer season, and accumulative forms – underwater and above-water, often like a ring – remains. Low winter temperatures cause them to freeze. Underwater freezing occurs where the seasonal ice is frozen with the sea bottom (the fast ice layer). In this way, the ring-shaped island Yaya was formed on the Vasilievsky Bank. It was opened in 2013. In recent years, new islands have been designated on the topographic maps of the Laptev and East Siberian seas – Neizvestnye to the southeast of Bunge Land, Zatoplyayemyy – east of the Lena river delta.

Islands in the form of a ring or atoll formed also in past warming. In the Laptev and East-Siberian seas, these are Peschanyy (Sandy) and Nanosnyy (Alluvial) islands. In the cold northeastern part of the Kara Sea islands with arc shape spits include Voronina, Uyedineniya (Privacy) islands, archipelago of Sergei Kirov and others.

**KEYWORDS**: banks and shallows, submarine permafrost, mean annual temperature of bottom water and bottom sediments, fast ice layer, coastal-marine sedimentation, stamukhas

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Многолетнемёрзлые породы (ММП) на шельфе арктических морей формируются в периоды ледниковий (криохронов) и гляциоэвстатических регрессий моря, деградируют – в периоды межледниковий (термохронов) и гляциоэвстатических трансгрессий. Сейчас, в голоценовое межледниковье, единственным местом, где наряду с деградацией ММП идут процессы их формирования, является береговая зона.

Берега морей Лаптевых и Восточно-Сибирского на одних участках отличает быстрое отступание, на других – их наращивание. Сравнение разновременных аэро- и космических снимков на Ляховские острова и южный берег пролива Дмитрия Лаптева показывает, что с 1951-2000 годов под действием термоабразии и термоденудации было размыто  $37.5~{\rm km}^2$ площади острова Большого Ляховского и 19,0 км<sup>2</sup> материкового побережья. Скорости отступания составляли в среднем для отступающих берегов этого региона 3,2 м/год за период до 2000 года и 6,4 м/год за последние полтора десятилетия [Пижанкова, Добрынина, 2010;

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, e-mail: gavrilov@bk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, e-mail: pijankova@yandex.ru

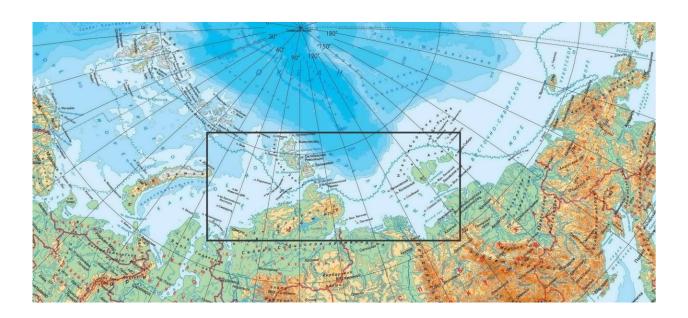
Пижанкова, 2016]. В результате отступания берегов субаэральные толщи мёрзлых льдистых отложений переходят в субмаринные, что даёт начало их деградации. Она происходит снизу под действием геотермического потока и сверху под действием термических и гидродинамических процессов.

Прибрежно-морское осадконакопление на подводном береговом склоне получает развитие на участках положительных вертикальных неотектонических движений, а также там, где геометрия береговой линии обусловливает прекращение перемещения наносов или их избыточное поступление в береговую зону. Повышающееся по мере накопления осадков дно моря становится объектом сначала сезонного, а потом и многолетнего промерзания пород.

Приуроченность разнонаправленной криогенной динамики исключительно к береговой зоне стала нарушаться в начале XXI века. Подобные процессы стали фиксироваться на мелководьях несмотря на то, что подводные возвышенности обычно являются областью размыва.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований охватывает акваторию наиболее континентальных шельфовых морей Лаптевых и Восточно-Сибирского (западную часть последнего), а также холодную северо-восточную часть Карского моря (рис. 1). Для исследований использовались космические снимки, топографические карты масштаба 1: 200 000, результаты математического моделирования деградации ММП, сформировавшихся в криохроны среднего и позднего плейстоцена [Романовский и др., 2006; Гаврилов, 2013], исторические данные [История..., 1954]. Для изучения динамики берегов использовалось совмещение разновременных дистанционных данных (космоснимков Landsat и архивных аэрофотоснимков) с помощью программного пакета ScanEx Image Processor. Измерение величин приращения берегов и дешифрирование ландшафтов проводилось в ГИС-среде МарІпfо Professional. Данные о ледовитости и климатические характеристики были получены из электронных архивов ААНИИ (http://www.aari.nw.ru/projects/ECIMO/) и ВНИИГМИ—МЦД (http://aisori.meteo.ru/ ClimateR).



Puc.1. Район исследований Fig.1. Research area

### Криогенез донных отложений в береговой зоне и на мелководьях

Среднемноголетняя температура придонной воды и донных пород береговой зоны и, соответственно, их криогенез определяются процессами в зоне припая (полосы с глубинами моря от 0 до 2–2,5 м, где сезонный лёд смерзается с дном (рис. 2)) и летними температурами воздуха. В полосе припая через смерзающийся с дном лёд осуществляется глубокое кондуктивное выхолаживание донных пород и их сильное сезонное засоление. Выхолаживание настолько значительно, что среднегодовые температуры субмаринных ММП близ уреза являются почти столь же низкими, как и температуры субаэральных мёрзлых пород (-10...-12 °C [Катасонов, Пудов, 1972]). На изобатах 2–2,5 м среднемноголетняя температура придонной воды и пород близка к 0 °C.

В интервале изобат от 2–2,5 до 6–8 м в 1970–80 годах в море Лаптевых среднемноголетняя температура придонной воды и пород была положительна в связи с летним прогревом воды до 10–15 °C [Жигарев, Плахт, 1974]. В условиях современного потепления зона положительной температуры воды в этом море увеличилась до изобаты 10 м [Dmitrenko et al., 2011]. Зависимость температуры придонной воды от температуры воздуха очень сильная (рис. 3). В 1963–66 годах среднегодовая температура придонной воды в бухте Тикси была на 0,2–0,9 °C ниже, чем в потепление 30–40-х годов XX века [Молочушкин, 1969; География..., 1949]. Осреднение температуры придонной воды за 1900–2009 годы даёт значение, не превышающее 0 °C [Dmitrenko et al., 2011]. Соответственно, в начале XIX века, когда участники Великой Северной экспедиции были вынуждены пересекать пролив Дмитрия Лаптева по льду [История..., 1954], указанные значения были отрицательными.

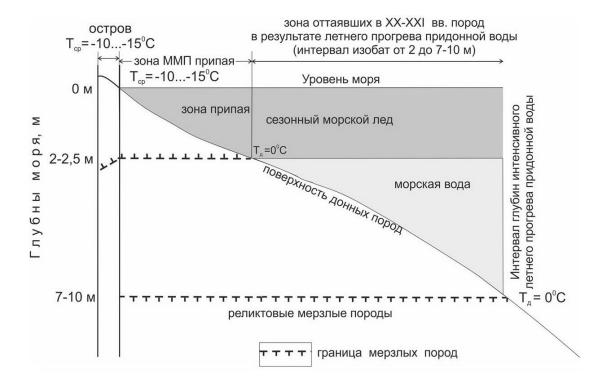


Рис. 2. Взаимоотношение между глубинами моря, ледовыми явлениями и мёрзлыми породами в береговой зоне [по Жигареву, Плахту, 1974 с изменениями] Fig. 2. The relationship between the depths of the sea, ice phenomena

and submarine permafrost in the coastal zone [according to Zhigarev and Plakht, 1974 with changes]

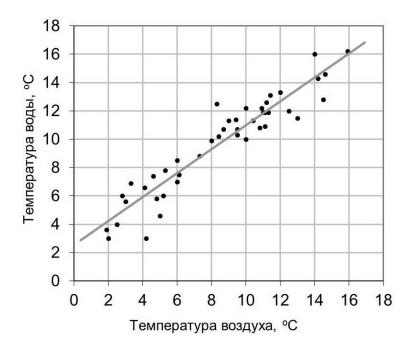


Рис. 3. Соотношение между среднегодовыми температурами придонной воды и воздуха на акватории и побережье морей Лаптевых и Восточно-Сибирского [Григорьев, Разумов, 2005]

Fig. 3. The relationship between the average annual bottom water and air on the waters and the coastal zone of the Laptev and East Siberian seas [Grigoriev, Razumov, 2005]

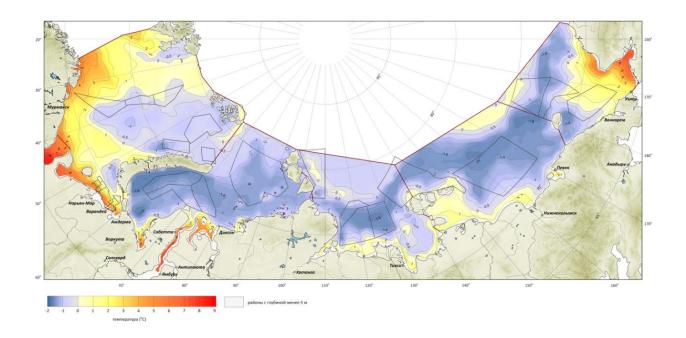


Рис. 4. Средняя летняя температура воды в придонном слое арктических морей России [Атлас..., 2015]

Fig. 4. Average summer temperature of the bottom water in the Arctic seas of Russia [Atlas ..., 2015]

В случае осадконакопления поверхность аккумуляции, попадая в интервал глубин моря менее 2–2,5 м, становится объектом сезонного промерзания пород, осуществляемого через припайный морской лёд. Дальнейшее осадконакопление приводит к формированию сначала перелетков, а позже – и ММП. При этом увеличение мощности слоя, переходящего в многолетнемёрзлое состояние, происходит как сверху за счёт осадконакопления, так и снизу за счёт кондуктивного охлаждения через уже промерзшие осадки. Формирование и синкриогенное промерзание прибрежно-морских осадков тесно связаны с минерализацией поровых растворов, интервалами глубин моря и наличием (или отсутствием) слоя морской воды под морским льдом. Таким образом, интервалы изобат от 0 до 2–2,5 м и от 2–2,5 до 7–10 м имеют важнейшее значение в формировании температурного режима донных пород и их криогенеза.

Моря Восточно-Сибирского сектора являются мелководными, хорошо прогреваемыми летом (рис. 4). Содержание рисунка показывает обширность прогреваемых площадей моря Лаптевых и особенно западной части Восточно-Сибирского моря. В отличие от этих морей, рельеф дна восточной части Карского моря весьма контрастный, изобилующий подводными и островными возвышенностями. Однако их площади существенно меньше площадей осреднения гидрографических показателей, поэтому на рис. 2 они не видны. Летний прогрев придонной воды приводит к глубокому протаиванию донных осадков, которые в результате этого приобретают подвижность.

# Современное потепление Морской Арктики

В арктических морях современное потепление усиливается обратными связями. Особую роль играет деградация морских льдов, уменьшающая альбедо. По данным Росгидромета по сравнению с 1965–1975 годами в Восточно-Сибирском море ледовитость сократилась на 31 %, а продолжительность ледового периода — на 40 суток. Среднегодовая температура придонной воды и донных отложений на изобатах 2...10 м повысилась до положительных значений (+0,2...0,3 °C [Dmitrenko et al., 2011]). Исключением явилась температура в зоне припая (изобаты 0–2 м), где лёд смерзается с дном, обеспечивая выхолаживание донных осадков и сохранение в их толще температуры -10...-12 °C и ниже [Катасонов, Пудов, 1972].

Потепление, увеличивая скорость отступания берегов [Пижанкова, 2016] и мощность оттаивающей части толщи донных ММП сверху, увеличивает объём поступающего на подводный береговой склон дисперсного материала, способного к перемещению, значительная часть которого расходуется на аккумуляцию.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Процесс разрушения островов-реликтов ледового комплекса (ЛК) позднего плейстоцена, объёмная льдистость которого составляла 70-95 %, и размыва банок на месте их былого существования продолжался тысячелетиями [Гаврилов и др., 2003; Дударев, 2016]. Историческими данными он зафиксирован в пределах морей Лаптевых и Восточно-Сибирского на протяжении веков. Достаточно упомянуть сведения из книги голландца Н. Витзена «Noord en Oost Tattarye», изданной в 1692 и 1705 годах. В ней говорится об обилии мелей на пути от мыса Буорхая на север к острову, располагавшемуся в то время «напротив устья р. Лена» [История..., 1954]. Предположительно это был один из островов-реликтов ледового комплекса позднего плейстоцена [Гаврилов и др., 2003]. Осадка кочей – судов русских мореплавателей XV-XVIII веков – составляла 2 м. Наименьшие глубины сейчас там составляют 10-15 м. Средняя скорость углубления дна, определённая по этим данным, составляет 3,3 см/год. Многократно подтверждённая глубина банки на месте острова Диомида в проливе Дмитрия Лаптева, также слагавшегося ЛК и существовавшего ещё в 1761 году, составляет 7,4 м, а средняя скорость углубления -4,3 см/год [там же]. Таким образом, в течение многих веков банки на месте исчезнувших островов-реликтов ЛК на мелководьях размывались, и средние скорости увеличения глубин моря в их пределах составляли 3-4 см/год.

Однако с начала 2000-х годов по результатам мониторинга [Дударев, 2016] выявляется стабилизация глубин моря на Семёновской и Васильевской банках. Более того, в 2013—2014 годах на месте вершины Васильевской банки неоднократно фиксируется осушенная песчаная поверхность. Летом 2014 года гидрографической экспедицией на этом месте был осмотрен островок размерами около 500 м<sup>2</sup> и высотой над уровнем моря 1 м. Остров был назван Яя [Гуков, 2014] (рис. 5).

Аэрокосмический мониторинг Семёновской и Васильевской банок показывает, что эпицентры мутности приурочены к их вершинным поверхностям [Дударев, 2016]. Это обстоятельство и образование острова Яя свидетельствуют о том, что в пределах этих поверхностей есть участки размыва и участки осадконакопления.



Рис. 5. Остров Яя, появившийся на месте Васильевской банки и обнаруженный в 2013 году.

Фото П. Саяпина (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30168239) Fig. 5. The island Yaya, appeared on the site of the Vasilievskaya Bank and discovered in 2013.

Photo by P. Sayapin (https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30168239)

Недавно стали обозначаться на топографических картах остров Затопляемый в 112 км к востоку от дельты реки Лены, острова Неизвестные у юго-восточного ограничения Земли Бунге. Таким образом, в настоящее время наблюдается современная активизация осадкона-копления на мелководьях. Механизм формирования островов дискутируется. Наиболее вероятным и согласующимся с имеющимися данными, по нашему мнению, является участие в их образовании гидродинамических процессов, бульдозерного перемещения осадков дрейфующим льдом, а также воздействие торосистых льдов – стамух (рис. 6) и промерзания донных пород в зоне припая. За три десятка лет визуальной ледовой авиационной разведки

в море Лаптевых по неполным данным обнаружено 2086 стамух, а в Восточно-Сибирском море – 7962 [Горбунов и др., 2007; 2008].

Бульдозерное перемещение осадков под напором дрейфующих льдов осуществляется при сильных прижимных ветрах. Создающиеся протяжённые валы высотой до 10 м под действием ветра передвигаются вверх по склону, срезая и увлекая за собой донные осадки (Reimnitz et al., 1990). При образовании стамух торосы выпахивают дно на многие метры и могут частично погребаться [Хименков, Брушков, 2003]. Погребённые льды облекаются осадками. Под действием бульдозерных надвигов в сочетании с гидродинамическими процессами на положительных морфоструктурах подобные образования могут превращаться в острова. Погребённый лед в потепления вытаивает, в середине острова образуется лагуна.

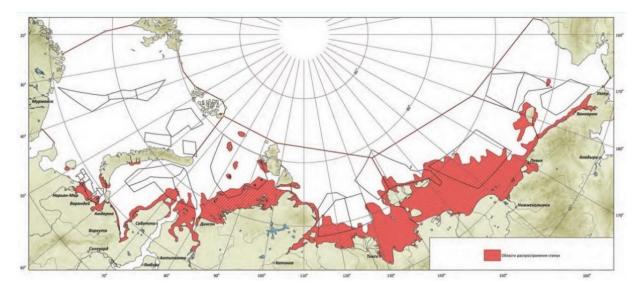


Рис. 6. Зоны распространения стамух в морях Российской Арктики [Атлас..., 2015] Fig. 6. Zones of stamukhas distribution in the seas of the Russian Arctic [Atlas ..., 2015]

Промерзание играет ключевую роль в процессе осадконакопления в интервале изобат, отвечающих зоне припая, и формировании подобных островов (рис. 2). Низкие среднегодовые температуры на глубинах, близких к урезу, и в надводном положении (-10...-12 °C) обеспечивают их долговременное существование. Промерзание облегчается тем, что донные осадки на месте залегания стамух после их стаивания бывают незасолёнными.

Интервал глубин от 2 до 7–10 м также играет важную роль. В условиях современного потепления придонная вода здесь имеет положительные температуры даже в высоких широтах. Они обусловливают существование свободно перемещаемых волнением талых и сезонно оттаивающих осадков. Этот интервал глубин в пределах подводных возвышенностей является основным поставщиком терригенного материала для наращивания высот их вершин и формирования островов. Ниже глубин -7...-10 м формируются отрицательные среднемноголетние температуры придонной воды и донных пород.

Смена углубления моря осадконакоплением тесно связана с увеличением масштаба современного потепления. В 1970–1980 годах температуры придонной воды и донных пород на 74–75° с.ш. на изобатах 2–3 м были отрицательные, а в 1990–2000 годах они перешли в положительный диапазон. Возникло сезонное оттаивание донных отложений. Более того, удлинение безлёдного сезона увеличило вклад высоких летних температур в формирование среднегодовой температуры придонной воды и донных пород. Потепление обусловливает увеличение объёма взвеси и более крупного осадочного материала в результате увеличения скорости отступания берегов, нарастания глубин сезонного оттаивания пород и усиления абразии дна. Увеличиваются продолжительность безлёдного времени, длина разгона волн, повторяемость и сила штормов и нагонов. Масштабное увеличение объёма терригенного

материала, волновой энергии и присутствие стамух вплоть до ледостава приводят к аккумуляции осадков по их периметру. Промерзание накопленных осадков в первую же зиму консервирует образовавшиеся острова.

Осадконакопление и формирование островов на мелководьях имело место также в прошлом. На топографических картах 1950–1980-х годов отражено несколько островов кольцеобразной формы. Это острова Песчаный и Наносный. Не отрицается также возможность подобного формирования серповидных островов Аэросъёмки и Самолёта северо-западнее дельты реки Лены. Форма атолла или кольца является весьма необычной для островов арктических морей. Возможность их формирования по описанному выше сценарию представляется достаточно реалистичной.

Большое количество островов кольцеобразной формы свойственно также холодной северо-восточной части Карского моря, где среднемноголетние температуры субаэральных пород составляют -9...-12 °C и ниже [Геокриологическая карта..., 1996]. В основном это острова, к которым причленены аккумулятивные косы в виде дуги или кольца, например Свердруп (рис. 7), Воронина, Уединения, Старокадомского, Сибирякова и другие. Остров Северный в архипелаге Сергея Кирова состоит из двух колец (рис. 7). Острова Карского и Лаптевоморского шельфа приурочены к положительным морфоструктурам.



Рис. 7. Острова Свердруп (слева) и Северный (архипелаг Сергея Кирова, справа) Fig. 7. The islands Sverdrup (on left) and the Severnyy (Northern, archipelago of Sergey Kirov, on right)

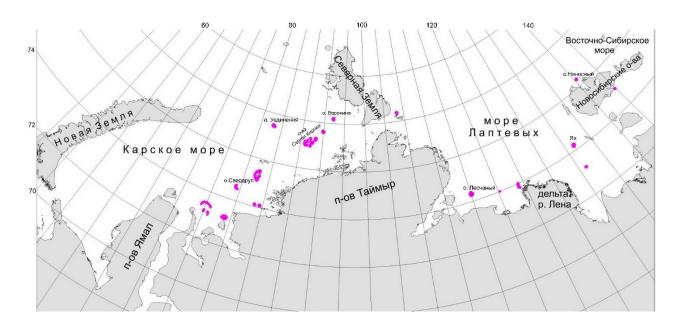


Рис. 8. Картосхема островов кольцеобразной формы шельфовых морей Карского, Лаптевых, Восточно-Сибирского Fig. 8. Cartographic scheme of the ring-shaped islands of the shelf seas Kara, Laptev, East Siberian

Многие острова Карского моря представляют собой куполообразные своды, сложенные прочными коренными породами [Романенко, 1998]. Образующиеся при их разрушении и волнении в береговой зоне галечники в условиях существования цепочек и одиночных стамух, глубоко «сидящих» на подводных береговых валах, не переносятся на большие расстояния и могут перекрывать остатки этих ледяных образований. В холодные сезоны крупнообломочные осадки могут просто опоясывать стамухи. Последние позже вытаивают, оставляя после себя лагуны (рис. 7).

Распространение островов кольцеобразной и дугообразной формы показано на картосхеме (рис. 8).

# выводы

- 1. На банках и мелководьях морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, размываемых в течение многих веков, в начале XXI столетия фиксируется осадконакопление с образованием островов. Согласно имеющимся данным, оно тесно связано современным потеплением.
- 2. Эффект от потепления в высокоширотных арктических морях особенно значителен, поскольку усиливается обратными связями. Особую роль играет деградация морских льдов, уменьшающая альбедо. По сравнению с 1965–1975 годами в Восточно-Сибирском море ледовитость сократилась на 31 %, а продолжительность ледового периода на 40 суток. Среднегодовая температура придонной воды и донных отложений на изобатах 2...10 м повысилась до положительных значений (+0,2...+0,3 °C).
- 3. Активизация в таких условиях сезонного и многолетнего оттаивания донных отложений, отступания берегов под действием термоабразии и термоденудации продуцирует большое количество талых и оттаивающих осадков, способных к перемещению и аккумуляции. Последнее реализуется в образовании островов.
- 4. В формировании островов помимо гидродинамических задействованы ледовые и мерзлотные процессы. Среди ледовых большое значение имеет бульдозерное перемещение льдами донных осадков к вершинам положительных морфоструктур. В образовании

островов кольцевой формы предполагается участие погребаемых остатков стамух или сами стамухи. Промерзание обеспечивает долговременное существование островов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Атлас гидрометеорологических и ледовых условий морей российской Арктики: обобщение фондовых материалов и результаты экспедиционных исследований ООО «Арктический научно-проектный центр шельфовых разработок» в 2012–2014 гг. М.: Нефтяное хозяйство, 2015. 128 с.
- 2. *Гаврилов А.В.*, *Романовский Н.Н.*, *Хуббертен Х.-В.*, *Романовский В.Е.* Распространение островов реликтов ледового комплекса на Восточно-Сибирском арктическом шельфе. Криосфера Земли, 2003. Т. VII. № 1. С. 18–32.
- 3. *Гаврилов А.В.* История развития арктического шельфа и картографирование субмаринной криолитозоны. Геокриологическое картографирование: проблемы и перспективы [электронный ресурс № 0321302405]: тезисы конференции, Москва, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, геологич. ф-т, географ. ф-т, 5–6 июня 2013 г. М.: ИПК РУДН, 2013. С. 144–146.
- 4. География морей Советской Арктики. Труды Аркт. и Антаркт. НИИ. Т. 8. Вып. 2: Море Лаптевых. М.–Л.: Изд-во Главсевморпути, 1949. 484 с.
- 5. Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2 500 00 (ред. Э.Д. Ершов). М.: МГУ, Геологический ф-т, 1996. 16 л.
- 6. *Горбунов Ю.А., Лосев С.М., Дымент Л.Н.* Стамухи Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Материалы гляциологических исследований, 2007. Вып. 102. С. 41–47.
- 7. Горбунов Ю.А., Лосев С.М., Дымент Л.Н. Стамухи моря Лаптевых. Проблемы Арктики и Антарктики, 2008. № 2 (79). С. 111–116.
- 8. *Григорьев М.Н., Разумов С.О.* Распространение и эволюция субаквальной мерзлоты в прибрежно-шельфовой зоне морей Лаптевых и Восточно-Сибирского как следствие многолетней трансформации береговой зоны. Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. Иркутск: Изд-во Института земной коры СО РАН, 2005. Вып. 2. С. 136—155.
- 9. Гуков А.Ю. Возрождение острова Васильевского. Природа, 2014. № 5. С. 70–73.
- 10. Дударев О.В. Современный литоморфогенез на Восточно-Арктическом шельфе. Автореф. дисс... д.г.-м.н. Владивосток, 2016. 49 с.
- 11. Жигарев Л.А., Плахт И.Р. Особенности строения, распространения и формирования субаквальной криогенной толщи. Проблемы криолитологии. М.: Издательство МГУ, 1974. Вып. IV. С. 115–124.
- 12. История открытия и освоения Северного морского пути. М.: Морской транспорт, 1954. Т. 1. 592 с.
- 13. *Катасонов Е.М., Пудов Г.Г.* Криолитологические исследования в районе Ванькиной губы моря Лаптевых. Мерзлотные исследования. М.: Изд-во МГУ, 1972. Вып. XII. С. 130—136.
- 14. *Молочушкин Е.Н.* О характере теплообмена воды и донных пород в прибрежной зоне моря Лаптевых. Вопросы географии Якутии. Якутск, 1969. Вып. 5. С. 121–126.
- 15. Пижанкова Е.И. Современные изменения климата высоких широт и их влияние на динамику берегов района пролива Дмитрия Лаптева. Криосфера Земли, 2016. Т. XX. № 1. С. 51-64.
- 16. *Пижанкова Е.И., Добрынина М.С.* Динамика побережья Ляховских островов (результаты дешифрирования аэрокосмических снимков). Криосфера Земли, 2010. Т. XVI. № 4. С. 66–79.
- 17. Романенко Ф.А. Строение и динамка рельефа островов Карского моря. Динамика

Арктических побережий России. М.: Географический ф-т МГУ, 1998. С. 131–153.

- 18. *Романовский Н.Н., Елисеева А.А., Гаврилов А.В., Типенко Г.С., Хуббертен Х.В.* Многолетняя динамика толщ мёрзлых пород и зоны стабильности газовых гидратов в рифтовых структурах Арктического шельфа Восточной Сибири (Сообщение 2). Результаты численного моделирования. Криосфера Земли, 2006. Т. Х. № 1. С. 29–38.
- 19. Хименков А.Н., Брушков А.В. Океанический криолитогенез. М.: Наука, 2003. 336 с.
- 20. Dmitrenko I.A., Kirillov S.A., Tremblay L.B., Kassens H., Anisimov O.A., Lavrov S.A., Razumov S.O., Grigoriev M.N. Recent changes in shelf hydrography in the Siberian Arctic: Potential for subsea permafrost instability. Journal of geophysical research, 2011. V. 116. C10027. DOI: 10.1029/2011JC007218.
- 21. *Reimnitz E., Barnes P.W., Harper J.R.* A review of beach nourichment from ice transport of shoreface materials, Beafort Sea, Alaska. Journal of Coastal Research, 1990. V. 6 (2). P. 439–470.

#### **REFERENCES**

- 1. Atlas of hydrometeorological and ice conditions of the seas of the Russian Arctic: generalization of stock materials and the results of the expeditionary research of LLC "Arctic Research and Design Center for Shelf Development" in 2012–2014. Moscow: Oil industry, 2015. 128 p. (in Russian).
- 2. Dmitrenko I.A., Kirillov S.A., Tremblay L.B., Kassens H., Anisimov O.A., Lavrov S.A., Razumov S.O., Grigoriev M.N. Recent changes in shelf hydrography in the Siberian Arctic: Potential for subsea permafrost instability. Journal of geophysical research, 2011. V. 116. C10027. DOI: 10.1029/2011JC007218.
- 3. *Dudarev O.V.* Modern litomorphogenesis on the East Arctic shelf. Abstract of dissert. for the degree of doct. of geolog. and mineralog. sci. Vladivostok, 2016. 49 p. (in Russian).
- 4. *Gavrilov A.V.* The history of the development of the Arctic shelf and mapping of submarine cryolithozone. Geocryological mapping: problems and perspectives [electronic resource No 0321302405]: conference abstracts, Moscow, Moscow State University, Faculty of Geology, Faculty of Geography, June 5–6, 2013. Moscow: IPK PFUR, 2013. P. 144–146 (in Russian).
- 5. *Gavrilov A.V., Romanovsky N.N., Hubberten H.-V., Romanovsky V.E.* The distribution of islands relics of the ice complex on the East Siberian Arctic shelf. Earth's Cryosphere, 2003. V. VII. No 1. P. 18–32 (in Russian).
- 6. Geocryological map of the USSR in scale 1: 2 500 00 (ed. by E.D. Ershov). Moscow: Moscow State University, Faculty of Geology, 1996. 16 p. (in Russian).
- 7. Geography of the seas of the Soviet Arctic. Proceedings of the Arctic and Antarctic SRI. V. 8. Iss. 2: Laptev Sea. Moscow Leningrad: Glavsevmorput Publishing House, 1949. 484 p. (in Russian).
- 8. *Gorbunov Yu.A.*, *Losev S.M.*, *Dyment L.N.* Stamukhas of the East Siberian and Chukchi Seas. Materials of glaciological research, 2007. V. 102. P 41–47 (in Russian).
- 9. *Gorbunov Yu.A.*, *Losev S.M.*, *Dyment L.N.* Stamukhas of the Laptev Sea. Problems of Arctic and Antarctic, 2008. No 2 (79). P. 111–116 (in Russian).
- 10. *Grigoriev M.N.*, *Razumov S.O.* Distribution and evolution of subaquatic permafrost in the coastal-shelf zone of the Laptev and East-Siberian seas as a consequence of long-term transformation of the coastal zone. Modern geodynamics and dangerous natural processes in Central Asia. Irkutsk: Publishing House of the Institute of the Earth's Crust, SB RAS, 2005. Iss. 2. P. 136–155 (in Russian).
- 11. Gukov A.Yu. Revival of Vasilyevsky Island. Nature, 2014. No 5. P. 70–73 (in Russian).
- 12. History of discovery and development of the Northern Sea Route. Moscow: Maritime transport, 1954. V. 1. 592 p. (in Russian).
- 13. *Katasonov E.M.*, *Pudov G.G.* Cryolitological studies in the Vankina Bay area of the Laptev Sea. Permafrost Studies. Moscow: Moscow University Press, 1972. Iss. XII. P. 130–136 (in Russian).

- 14. *Khimenkov A.N.*, *Brushkov A.V.* Oceanic cryolithogenesis. Moscow: Science, 2003. 336 p. (in Russian).
- 15. *Molochushkin E.N.* About the nature of heat exchange of water and bottom rocks in the coastal zone of the Laptev Sea. Questions of the geography of Yakutia. Yakutsk, 1969. V. 5. P. 121–126 (in Russian).
- 16. *Pizhankova E.I.* Modern climate changes of high latitudes and their influence on the dynamics of the shores of the Dmitriy Laptev Strait area. Earth's Cryosphere, 2016. V. XX. No 1. P. 51–64 (in Russian).
- 17. *Pizhankova E.I.*, *Dobrynina M.S.* Dynamics of the Lyakhovsky islands coastline (results of the interpretation of aerospace images). Earth's Cryosphere, 2010. V. XVI. No 4. P. 66–79 (in Russian).
- 18. *Reimnitz E., Barnes P.W., Harper J.R.* A review of beach nourichment from ice transport of shoreface materials, Beafort Sea, Alaska. Journal of Coastal Research, 1990. V. 6 (2). P. 439–470. 19. *Romanenko F.A.* Structure and dynamics of the relief of the Kara Sea islands. Dynamics of the Arctic coasts of Russia. Moscow: Geographical Faculty of Moscow State University, 1998. P. 131–153 (in Russian).
- 20. *Romanovsky N.N.*, *Eliseeva A.A.*, *Gavrilov A.V.*, *Tipenko G.S.*, *Hubberten Kh.V.* The long-term dynamics of the permafrost and gas hydrate stability zone on rifts of the East Siberian Arctic shelf (Report 2). Results of numerical simulation. Earth's Cryosphere, 2006. V. X. No 1. P. 29–38 (in Russian).
- 21. *Zhigarev LA, Plakht I.R.* Features of the structure, distribution and formation of subaqual cryogenic stratum. Problems of cryolithology. Moscow: Moscow University Press, 1974. Iss. IV. P. 115–124 (in Russian).

УДК: 004.4, 912.4 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-90-100

А.А. Гостева<sup>1</sup>, А.К. Матузко<sup>2</sup>, О.Э. Якубайлик<sup>3</sup>

# ВЫЯВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ИНФРАКРАСНОГО ДИАПАЗОНА (НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКА)

## **АННОТАЦИЯ**

Большой город в современном мире оказывает сильное влияние на формирование климата; на отдельных улицах создаются специфические микроклиматические условия, определяемые городской застройкой, покрытием улиц, распределением зелёных зон. Город, особенно с сильно развитой промышленностью, загрязняет атмосферу над собой, увеличивает её мутность и тем самым уменьшает приток солнечной радиации. Снижение солнечной радиации дополнительно усиливается высокой застройкой в узких улицах. Вследствие той же пелены дыма и пыли на территории города снижено эффективное излучение, а значит, и ночное выхолаживание. В то же время в городе к рассеянной радиации присоединяется радиация, отражённая стенами и мостовыми.

Важной особенностью территории города является изменение микроклимата городской среды. Такие изменения часто возникают в результате изменений городской застройки, искусственного изменения рельефа, вырубки лесных насаждений. Вследствие изменений городской среды происходит изменение микроклимата города, что влечёт за собой непосредственное изменение температуры поверхности земли.

Изменение городской среды можно выявлять, используя космические снимки различного пространственного разрешения в видимом и дальнем инфракрасном диапазоне. Для изучения этих изменений наиболее доступными, полными и открытыми в настоящее время являются данные Landsat. Метод визуального анализа, проводимый по видимым спектральным каналам, затрудняет оценку изменений, особенно на больших территориях. Тепловая съёмка широко применяется для исследования и мониторинга антропогенных объектов, таких как трубопроводы, объекты городского хозяйства, промышленные объекты и загрязнения. Важно, что тепловые снимки содержат информацию, которую практически невозможно получить каким-либо иным способом, например, с помощью снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. Для улучшения пространственного разрешения Landsat 8 применяется синтез этого изображения со снимками более высокого пространственного разрешения Planet Scope, что позволяет увеличить пространственное разрешение карт температуры поверхности земли Landsat 8 с 30 до 3 метров.

Вследствие активной застройки территории города происходит изменение микроклимата, что влечёт за собой непосредственное изменение температуры поверхности земли. В работе представлены результаты оценки температуры поверхности земли в городе Красноярске за двухлетний период с сентября 2016 года по сентябрь 2018 года на основе анализа спутниковых снимков Landsat 8 и Planet Scope.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тепловые космические снимки, Landsat, Planet Scope, температура поверхности земли, климат городской среды

 $<sup>^1</sup>$  Сибирский федеральный университет, ул. Киренского, 26, корп. УЛК, 660074, Красноярск, Россия, *e-mail:* **AGosteva@sfu-kras.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Институт вычислительного моделирования СО РАН, Академгородок, 50/44, 660036, Красноярск, Россия, *e-mail:* akmatuzko@icm.krasn.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Институт вычислительного моделирования СО РАН, Академгородок 50/44, 660036, Красноярск, Россия, *e-mail:* **oleg@icm.krasn.ru.** 

### Anna A. Gosteva<sup>1</sup>, Aleksandra K. Matuzko<sup>2</sup>, Oleg E. Yakubailik<sup>3</sup>

# IDENTIFICATION OF CHANGES IN URBAN ENVIRONMENT ON THE BASIS OF THE SATELLITE DATA OF THE INFRARED RANGE (ON THE EXAMPLE OF KRASNOYARSK)

#### **ABSTRACT**

A big city in the modern world has a strong influence on climate formation; specific microclimatic conditions are created on certain streets, determined by urban development, street coverage, distribution of green areas. The city, especially with a highly developed industry, pollutes the atmosphere above itself, increases its turbidity and thereby reduces the influx of solar radiation. The decrease in solar radiation is further enhanced by high buildings in narrow streets. Due to the same shroud of smoke and dust in the city, reduced effective radiation, and hence night cooling. At the same time, radiation reflected by walls and pavements joins the scattered radiation in the city.

An important feature of the city is the change in the microclimate of the urban environment. Such changes often occur as a result of changes in urban development, artificial relief changes, and the cutting down of forest plantations. Due to changes in the urban environment, there is a change in the microclimate of the city, which entails a direct change in the temperature of the earth's surface.

Changes in the urban environment can be detected using space images of different spatial resolution in the visible and far infrared range. To study these changes, Landsat data is currently the most accessible, complete, and open. The method of visual analysis conducted on visible spectral channels makes it difficult to assess changes, especially in large areas. Thermal imaging is widely used for research and monitoring of man-made objects such as pipelines, urban facilities, industrial facilities and pollution. It is important that thermal images contain information that is almost impossible to obtain in any other way, for example, using images in the visible and near infrared range. In order to improve spatial resolution, Landsat 8 uses the synthesis of this image with images of a higher spatial resolution Planet Scope, which allows increasing the spatial resolution of Landsat 8 surface temperature maps from 30 to 3 meters.

Due to the active development of the city, there is a change in the microclimate of the city, which entails a direct change in the temperature of the earth's surface. The paper presents the results of the assessment of the temperature of the earth's surface in the city of Krasnoyarsk for a two-year period from September 2016 to September 2018 based on the analysis of Landsat 8 and Planet Scope satellite images.

**KEYWORDS:** thermal infrared imagery, Landsat, Planet Scope, land surface temperature, climate of the urban environment

## **ВВЕДЕНИЕ**

\_

Большой город в современном мире оказывает сильное влияние на формирование климата; на отдельных улицах создаются своеобразные микроклиматические условия, определяемые городской застройкой, покрытием улиц, распределением зелёных зон. Город, особенно с сильно развитой промышленностью, загрязняет атмосферу над собой,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Siberian Federal University, Kirenskogo St. 26, ULK building., 660074, Krasnoyarsk, Russia, *e-mail:* **AGosteva@sfu-kras.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ICM SB RAS), Akademgorodok 50/44, 660036, Krasnoyarsk, Russia, *e-mail:* akmatuzko@icm.krasn.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (ICM SB RAS), Akademgorodok 50/44, 660036, Krasnoyarsk, Russia, *e-mail:* oleg@icm.krasn.ru

увеличивает её мутность и тем самым уменьшает приток солнечной радиации. Снижение солнечной радиации ещё усиливается высокой застройкой в узких улицах. Вследствие той же пелены дыма и пыли на территории города снижено эффективное излучение, а значит, и ночное выхолаживание. В то же время в городе к рассеянной радиации присоединяется радиация, отражённая стенами и мостовыми.

Микроклимат территории в условиях естественного ландшафта формируется под влиянием местных природных факторов: рельефа, близости к водоёмам, характера подстилающей поверхности. Большое влияние оказывают антропогенные факторы, такие как городская застройка, искусственные потоки тепла, загрязнение воздуха, покрытие асфальтом растительного покрова и естественных почв.

Важной особенностью изменения микроклимата в городе и вследствие этого изменения температуры поверхности является влияние на экологическую обстановку. При устойчивой стратификации атмосферы, в особенности при инверсиях температуры, дым может накапливаться в приземном слое атмосферы в таком количестве, которое оказывает вредное физиологическое воздействие. Автомобильный транспорт также вносит вклад в загрязнение воздуха, являясь частой причиной смога [Хромов, Петросянц, 2006].

По причине изменений городской среды происходит изменение микроклимата города, что влечёт за собой непосредственное изменение температуры поверхности земли. Оценить эти изменения можно используя как натурные измерения, так и дистанционные методы. В качестве дистанционных методов исследования температуры применяются данные космической съёмки Земли в дальнем инфракрасном диапазоне. Такие снимки содержат информацию о температуре, которую практически невозможно получить каким-либо иным способом, например, с помощью снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне. [Merlin et al., 2010, р. 114]. Тепловая съёмка широко применяется для исследования и мониторинга антропогенных объектов, таких как трубопроводы, объекты городского хозяйства, промышленные объекты [Windahl, Beurs, 2016, р. 14]. В работе рассмотрены примеры изменений температуры поверхности земли в городе Красноярске за двухлетний период с сентября 2016 года по сентябрь 2018 года на основе анализа спутниковых снимков Landsat-8 и Planet Scope. Выбор данного временного периода связан с активной застройкой города и с наличием самых ранних снимков на территорию города Красноярска группировки Planet Scope. Применение спутниковых снимков высокого разрешения Planet Scope позволяет увеличить точность тепловой съёмки Landsat 8, что важно, так как тепловые снимки содержат информацию, которую практически невозможно получить каким-либо другим способом (например, с помощью снимков в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне) [Лабутина, Хайбрахманов, 2010, с. 235]. В статье представлена методика для выявления изменений температуры в рамках одной территории за определённый временной интервал и показана её применимость для определения антропогенных изменений ландшафта.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ Изменения микроклимата и температуры города

В целом микроклиматические изменения общеклиматических режимов могут быть разбиты на следующие категории:

— *Микроклиматическая изменчивость радиационного режима*. Величина поступающей солнечной радиации существенно зависит от орографии земной поверхности и от ориентации склонов по сторонам света: на юг, север, восток, запад и на промежуточные направления. Поступление солнечной радиации уменьшается при облачности и загрязнении. Поток солнечного излучения, достигающий земной поверхности, претерпевает изменения вследствие поглощения и отражения его земной поверхностью [Гарицкая и др., 2012, с. 217].

- *Микроклиматическая изменчивость температурного режима.* Для холмистого и горного рельефов наблюдается изменение температуры воздуха с высотой. Для рельефа с уклоном более 3 % характерно явление стока холодных воздушных масс.
- *Микроклиматическая изменчивость ветрового режима*. Под влиянием неоднородности земной поверхности происходит деформация воздушных потоков, изменение скорости и направления ветра. Основную роль при этом играют направление горных хребтов и ориентация речных долин. Изменение направления ветра под влиянием рельефа может достигать 60°. Наибольшее отклонение в направлении ветра наблюдается в речных долинах. На уровне микрорельефа также наблюдается изменение ветрового режима. Скорость ветра на вершине значительно больше скорости ветра в нижней части склона. Различают склоны наветренной и подветренной стороны.

Таким образом, микроклимат территории в условиях естественного ландшафта формируется под влиянием местных природных факторов: рельефа, близости к водоёмам, характера подстилающей поверхности. В городских условиях изменение климата происходит также под влиянием антропогенных факторов, таких как городская застройка, искусственные потоки тепла, загрязнение воздуха, покрытие асфальтом растительного покрова и естественных почв.

## Данные дистанционного зондирования Земли

Фонд материалов космической съёмки в тепловом инфракрасном диапазоне накапливается с 1960-х годов. Собранный архив снимков позволяет анализировать изменения, происходившие на Земле на протяжении уже более 50 лет [Merlin et al., 2010]. Технологии получения информации дистанционными методами постоянно совершенствуются в качестве
пространственного и температурного разрешения. В феврале 2013 года состоялся запуск
современного спутника Landsat 8; его данные представлены на онлайн-сервисе
(https://www.earthexplorer.usgs.gov), который получает данные, используя два различных
сенсора: Operational Land Imager (OLI) и Thermal Infrared Sensor (TIRS). Сканер теплового
диапазона TIRS ведет съёмку в двух каналах: 10,6–11,2 мкм (10 канал) и 11,5–12,5 мкм (11
канал) с пространственным разрешением 100 м, что позволяет анализировать по ним энергию самой земной поверхности, а не отражение солнечного света [Frey, Parlow, 2012, р.
2650].

Снимки высокого разрешения Planet Scope представлены в онлайн-сервисе (https://www.planet.com/products/explorer/). Группировка Planet Scope насчитывает 120 спутников, равномерно распределённых по орбите, и предназначена для регулярного космического мониторинга любой территории в высоком пространственном разрешении. Работают четыре спектральных канала с разрешением 3,7 метра: синий (0,450-0,515 мкм), зелёный (0,515-0,595 мкм), красный (0,605-0,695 мкм), ближний инфракрасный (0,740-0,900 мкм). Использование снимка высокого разрешения Planet Scope совместно с Landsat 8 будет описано ниже.

## Методика выявления изменений городской среды по температуре поверхности земли

Влияние большого современного города на формирование его микроклимата значительно; особенно это видно на отдельных кварталах, где изменяется городская застройка и вносятся существенные изменения в природный ландшафт. Одним из признаков изменения городского климата является изменение температуры относительно окружающей среды; заметно также загрязнение атмосферы, изменение её оптических характеристик, увеличение мутности, уменьшение притока солнечной радиации.

Методика выявления изменений городской среды основана на использовании температурных карт, полученных по спутниковым данным 10-го теплового канала Landsat 8 [Effat, Hassan, 2014, р. 171] и спутниковым данным Planet Scope видимого диапазона. Обязательным этапом является предварительная обработка спутниковых данных, которая включает проведение атмосферной коррекции, классификацию изображения Planet Scope по типу подстилающей поверхности, проведение оверлея по границам исследуемого

объекта (в нашем случае это границы города Красноярска). В работе применяется классификация изображения с обучением; подробнее метод описывается в предыдущих работах авторов [Matuzko, Yakubailik, 2018].

На следующем этапе происходит синтез космических изображений. Традиционно используется подход, основанный на улучшении пространственного разрешения одного изображения за счёт другого. Так, Landsat 8 позволяет получать цифровые изображения земной поверхности с пространственным разрешением 30 м в видимом диапазоне и 100 м в дальнем инфракрасном диапазоне, а Planet Scope — изображения с пространственным разрешением 3,7 м в видимом диапазоне. Синтез этих изображений позволяет увеличить пространственное разрешение Landsat 8 до 3 метров и вычислить температуру поверхности земли по данным 10-го теплового канала Landsat 8 и итоговой классификации Planet Scope. Для каждой даты исследования необходимо составление своей карты температуры поверхности земли. Методика вычисления температуры поверхности земли подробно описана авторами в предыдущей работе [Гостева и др., 2018, с. 198–199].

Важным этапом является нормирование данных для возможности сравнения между собой полученных температурных карт. Используя статистические характеристики каждого изображения, а именно по среднестатистическому значению температуры карты, вычисляется добавочное значение для операции нормирования. После этого проводится математическая операция алгебры карт, позволяющая проводить вычитание одной карты из другой. В результате получается новое изображение, содержащее разницу между температурными значениями в каждом пикселе.

Для корректного выявления изменений по двум спутниковым снимкам необходимо использовать безоблачные односезонные космические снимки с максимально равнозначными метеорологическими условиями. Для апробации методики выявления изменений городской среды авторами были подобраны спутниковые снимки территории города Красноярска с идентичными метеоусловиями на сентябрь 2016 года и сентябрь 2018 года. Набор спутниковых изображений представлен на даты 20.09.2018 и 05.09.2016 со спутника Landsat 8 и снимками высокого разрешения Planet Scope на 20.09.2018 и 20.09.2016.

В таблице представлена температура воздуха на даты исследования и температура поверхности земли, полученная по космическим снимкам. Температура на снимке соответствует времени съёмки Landsat 8 в 12 часов дня.

Табл. 1. Данные о погоде на даты космической съёмки Table 1. Weather data for satellite images

Дата	Температура воздуха, °С		Средняя температура на снимке, °C	
20.09.2018	Днём +15	ночью +4	15.8686	
05.09.2016	Днём +19	ночью +14	19.6880	

Рассмотрим подробнее проведение нормирования для выявления изменений температуры за два года. Все вычисления проводятся в границах города Красноярска. Сравнивая средние значения температуры поверхности земли 20.09.2016 (ТПЗ2016) и 05.09.2018 (ТПЗ2018), указанные в таблице, получаем, что значение в 2016 году больше, чем в 2018. Поэтому вычитаем среднее значение температуры в 2018 году из среднего в 2016 году и получаем разницу, которую добавляем к карте ТПЗ2018; в результате получаем ТПЗ2018плюс. После нормирования средние значения ТПЗ2016 и ТПЗ2018плюс стали равными. Далее проводится математическая операция алгебры карт: из ТПЗ2016 вычитаем ТПЗ2018плюс.

В результате вычитания получается новое изображение, содержащее разницу между температурными значениями в каждом пикселе для исследуемых дат; из значений 2018 года вычитаются значения 2016 года. Полученные значения для наглядности разделяются на 3

класса: без изменений, с незначительными изменениями с разницей температур 1-3 градуса и со значительными изменениями с разницей температур более 4 градусов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате апробации методики выявления изменений городской среды по температуре поверхности земли выявлены участки со значительным изменением значений температуры в 2018 году относительно 2016 года. Рассмотрим подробнее эти участки.

Вначале рассмотрим два фрагмента спутникового изображения Planet Scope; на рисунке 1а представлен 2016 год, а на рисунке 16 – 2018 год. На рисунках изображен участок теплотрассы; при визуальном анализе на изображениях нет видимых изменений, нет антропогенных вмешательств в природный ландшафт. Старт отопительного сезона в 2016 году состоялся 22 сентября, а в 2018 году начат 14 сентября; соответственно на рис. 1а представлен фрагмент до запуска отопления, а на рисунке 16 – после запуска отопления. На рис. 1в видно, что участки с изменившейся температурой соответствуют расположению теплотрассы, где цифрой 3 (красным цветом) обозначены участки с наибольшим изменением температуры на 4–7 °С, цифрой 2 (оранжевым цветом) – изменение на 1–3 °С; для участков без изменений заливка отсутствует.



Рис. 1. Изменение температуры поверхности земли на участке городской теплотрассы с 2016 года до 2018 года Fig. 1. The change the land surface temperature in the urban heating section from 2016 to 2018

На рис. 2 представлен новый строящийся микрорайон на Северном шоссе в городе Красноярске. В 2016 году стройка микрорайона ещё не началась, а к 2018 году уже закончено строительство нескольких жилых домов. Строительство новых домов привело к изменению температуры поверхности земли, что видно на рисунке 2в (цифрой 3 обозначены участки с изменением температуры на 4–7 °С, цифрой 2 – на 1–3 °С, без заливки – участки без изменения температуры). На изображении видно, что максимальная разница температур совпадает с местом возведения новых жилых домов.

Следующий пример также иллюстрирует начало строительства нового микрорайона в Академгородке в 2017 году, что тоже внесло изменение в температуру поверхности земли в городе Красноярске (рис. 3). На рис. За и 36 соответственно представлены фрагменты космических снимков Planet Scope за 2018 и 2016 годы. На рисунке 3в показано увеличение температуры поверхности земли после начала строительства первого дома в микрорайоне (цифрой 3 (красным цветом) обозначены участки с изменением температуры поверхности земли на 4–7 °С, цифрой 2 (оранжевым цветом) — изменение на 1–3 °С, без заливки — участки без температурных изменений), на рисунке 3в показано наложение температуры на карту Google Планета Земля.

В связи с проведением в Красноярске XXIX Всемирной зимней универсиады 2019 года в лесных массивах в черте города велось активное сооружение горнолыжных трасс и были вырублены большие площади древесных насаждений. На рисунке 4 показано изменение температуры поверхности земли в зоне строительства объектов Универсиады в Кластере Сопка: на рисунке 4а – первоначальный лесной массив в 2016 году, на 4б представлен завершающий этап строительства в 2018 году. На рисунке 4в красным цветом (цифра 3 в легенде) обозначено изменение температуры на 4–7 °С, что соответствует контурам горнолыжных трасс, построенных для проведения соревнований в лесных массивах города во время проведения Универсиады.



Рис. 2. Изменение температуры поверхности земли в новом жилом микрорайоне города Красноярска Fig. 2. The change of the land surface temperature in a new residential microdistrict of Krasnoyarsk city

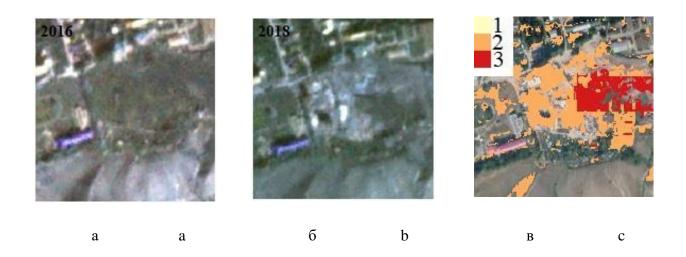


Рис. 3. Изменение температуры поверхности земли в строящемся жилом микрорайоне Академгородка в городе Красноярске Fig. 3. The change of the land surface temperature in the new microdistrict under construction of Akademgorodok in Krasnoyarsk city

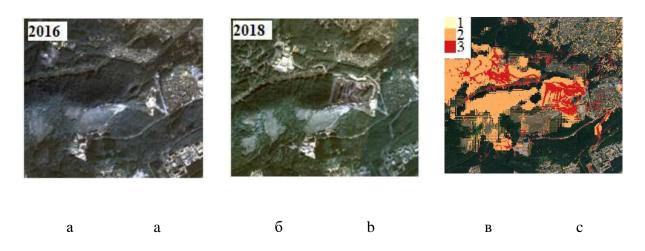


Рис. 4. Изменение температуры поверхности земли в лесном массиве города Красноярска с 2016 года до 2018 года Fig. 4. The change of the land surface temperature in the forest of Krasnoyarsk city from 2016 to 2018

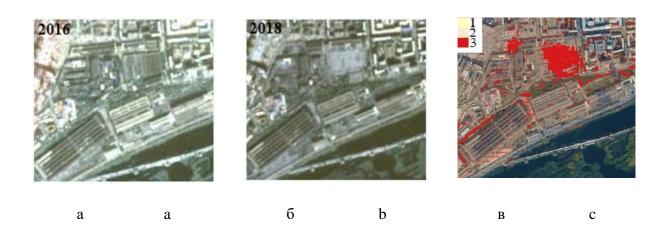


Рис. 5. Изменение температуры поверхности земли на месте бывшего Комбайнового завода в центре города Красноярска с 2016 года до 2018 года

Fig. 5. The change of the land surface temperature on the site of the former Combine Plant in the center of Krasnoyarsk city from 2016 to 2018

На рис. 5 показана территория бывшего Комбайнового завода, где в 2017 году начался снос промышленных корпусов под строительство жилых домов. На рисунке 5а — изображение 2016 года до начала подготовки строительной площадки. На рис. 5б — результат съёмки в 2018 году, где уже завершен снос зданий в центре города и идёт подготовка строительной площадки. На рис. 5в — фрагмент карты изменений температуры поверхности земли за два года, в легенде обозначены цифрой 3 участки с изменением температуры на 4— 7 °С, цифрой 2 — изменение на 1—3 °С, без заливки — участки с минимальным изменением температуры поверхности земли.

Следующий пример показывает результат изменения температуры поверхности земли после строительства гипермаркета «Леруа Мерлен» на ул. Калинина. На рисунке 6а – начальный этап строительства магазина, а на рисунке 6б изображен уже работающий

комплекс в 2018 году. На рисунке 6в в легенде цифрой 3 (красным цветом) обозначены участки с изменением температуры на 4–7 °С, цифрой 2 (оранжевым цветом) – изменение на 1–3 °С, без заливки – участки без изменения температуры; на фрагменте карты значительные изменения температуры за два года обозначены красным и оранжевым цветом, на рисунке 6в видно, что контур изменения температуры поверхности земли соответствует контуру построенного торгового комплекса строительных материалов «Леруа Мерлен».

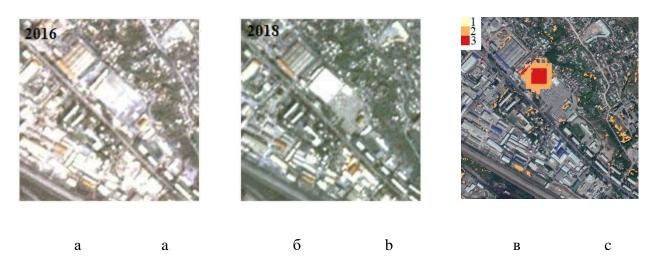


Рис. 6. Изменение температуры поверхности земли в окрестностях гипермаркета «Леруа Мерлен» на ул. Калинина с 2016 года до 2018 года Fig. 6. The change of the land surface temperature around the Leroy Merlin hypermarket on Kalinin street from 2016 to 2018

## выводы

Метод визуального анализа по видимым спектральным каналам не позволяет достоверно оценить изменения, особенно на больших территориях. Выявление изменений по видимым каналам ограничивает качество анализа человеческим фактором. Кроме того, визуальные изменения не дают понимания об их скрытых характеристиках.

В статье представлены результаты апробации методики выявления изменений городской среды по температуре поверхности земли на основе спутниковых данных инфракрасного диапазона. В результате выявлены участки со значительной разницей температур за два года — на даты 05.09.2016 и 20.09.2018. В тематической карте участки с изменением температуры разделяются на 3 класса: без изменений, с незначительными изменениями с разницей температур 1—3 градуса и со значительными изменениями с разницей температур более 4 градусов.

При анализе участков с максимальными изменениями температуры отмечено, что динамика изменений связана с изменением городской застройки, а именно со строительством новых микрорайонов, торговых центров. Помимо этого, изменение температуры поверхности связано с изменением лесных ландшафтов, например, в местах вырубки древесных насаждений. Выявление изменения температуры поверхности земли за указанный временной период отражает изменения в городской застройке, лесных массивах, ландшафтах, которые влияют на формирование климата. Данная методика подходит для решения задач дистанционного мониторинга изменения городской территории, легка в организации и хорошо автоматизируется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарицкая М.Ю., Байтелова А.И., Чекмарёва О.В. Экологические особенности городской среды: учеб. Пособие. Министерство образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос.

- бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. университет». Оренбург: Университет, 2012. 217 с.
- 2. Гостева А.А., Матузко А.К., Якубайлик О.Э. Дистанционные методы в изучении температуры поверхности земли в городах (на примере г. Красноярска, Россия). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 2. С. 195—205. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-195-205.
- 3. *Лабутина И.А., Хайбрахманов Т.С.* Функциональное зонирование территории ВАО г. Москвы для целей экологического мониторинга. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Ростов-на-Дону, 2010. Т. 16. С. 234–236.
- 4. *Хромов С.П.*, *Петросянц М.А.* Метеорология и климатология. Серия Классический университетский учебник. М.: Издательство Московского университета, 2006. 584 с.
- 5. *Effat H.*, *Hassan O*. Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt. Urban Climate, 2014. V. 10. Part 1. P. 171–188. DOI: 10.1016/j.uclim.2014.10.011.
- 6. *Frey C.M.*, *Parlow E.* Flux measurements in Cairo. Part 2: On the determination of the spatial radiation and energy balance using aster satellite data. Remote Sensing, 2012. V. 4. Iss. 9. P. 2635–2660. DOI: 10.3390/rs4092635.
- 7. *Matuzko A.K.*, *Yakubailik O.E.* Urban heat island effects over Krasnoyarsk obtained on the basis of Landsat 8 remote sensing data. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. V. 211. № 1. Art. № 012010. DOI: 10.1088/1755–1315/211/1/012010.
- 8. *Merlin O., Duchemin B., Hagolle O., Jacob F., Coudert B., Chehbouni G., Dedieu G., Garatuza J., Kerr Y.* Disaggregation of MODIS surface temperature over an agricultural area using a time series of Formosat-2 images. Remote Sensing of Environment, 2010. V. 114. Iss. 11. P. 2500–2512. DOI: 10.1016/j.rse.2010.05.025.
- 9. Windahl E., Beurs K. An intercomparison of Landsat land surface temperature retrieval methods under variable atmospheric conditions using in situ skin temperature. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2016. V. 51. P. 11–27. DOI: 10.1016/j.jag.2016. 04.003.

#### REFERENCES

- 1. *Effat H., Hassan O.* Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt. Urban Climate, 2014. V. 10. Part 1. P. 171–188. DOI: 10.1016/j.uclim.2014.10.011.
- 2. *Frey C.M.*, *Parlow E*. Flux measurements in Cairo. Part 2: On the determination of the spatial radiation and energy balance using aster satellite data. Remote Sensing, 2012. V. 4. Iss. 9. P. 2635–2660. DOI: 10.3390/rs4092635.
- 3. *Garitskaya M.Yu.*, *Baitelova A.I.*, *Chekmareva O.V.* Ecological features of the urban environment: studies. Ministry of Education and Science of Russian Federation, Feder. state budget educate institution of higher prof. education "Orenburg State University". Orenburg: University, 2012. 217 p. (in Russian).
- 4. *Gosteva A.A.*, *Matuzko A.K.*, *Yakubailik O.E.* Remote methods in studying the temperature of the earth's surface in cities (on the example of the city of Krasnoyarsk, Russia). InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: KRC RAS, 2018. V. 24. Part 2. P. 195–205. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-195-205 (in Russian, abs English).
- 5. *Khromov S.P.*, *Petrosyants M.A.* Meteorology and climatology. Ser. Classic University Textbook. Moscow: Moscow University Press, 2006. 584 p. (in Russian).
- 6. *Labutina I.A.*, *Khaibrakhmanov T.S.* Functional zoning of the HLW territory of Moscow for the purposes of environmental monitoring. Intercarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Rostov-on-Don, 2010. V. 16. P. 234–236 (in Russian, abs English).

- 7. *Matuzko A.K.*, *Yakubailik O.E.* Urban heat island effects over Krasnoyarsk obtained on the basis of Landsat 8 remote sensing data. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018. V. 211. No 1. Art. No 012010. DOI: 10.1088/1755–1315/211/1/012010.
- 8. *Merlin O., Duchemin B., Hagolle O., Jacob F., Coudert B., Chehbouni G., Dedieu G., Garatuza J., Kerr Y.* Disaggregation of MODIS surface temperature over an agricultural area using a time series of Formosat-2 images. Remote Sensing of Environment, 2010. V. 114. Iss. 11. P. 2500–2512. DOI: 10.1016/j.rse.2010.05.025.
- 9. Windahl E., Beurs K. An intercomparison of Landsat land surface temperature retrieval methods under variable atmospheric conditions using in situ skin temperature. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2016. V. 51. P. 11–27. DOI: 10.1016/j.jag.2016. 04.003.

УДК 528.873.041.3

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-101-111

М.Ю. Грищенко<sup>1</sup>, Л.С. Калитка<sup>2</sup>

# ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕПЛОВОГО ПОЛЯ КРАСНОДАРА ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ СО СПУТНИКА LANDSAT 8

#### **АННОТАЦИЯ**

Среди всех крупных городов России Краснодар находится в наиболее мягких и тёплых климатических условиях. В связи с этим интересно изучить особенности сезонной изменчивости теплового поля Краснодара, а также внутреннюю структуру поверхностного острова тепла, выявляемую по тепловым космическим снимкам. Для этого использованы разносезонные тепловые космические снимки со спутника Landsat 8 (съёмочная система TIRS), характеризующиеся пространственным разрешением 100 м. Выполнена неконтролируемая классификация созданного на их основе многовременного снимка. Из полученных вариантов неконтролируемой классификации выбран один оптимальный, в котором выделено 13 классов объектов, различных по сезонной изменчивости интенсивности теплового излучения и формирующих тепловую структуру анализируемой территории. Для выбора оптимального варианта результата неконтролируемой классификации разработан коэффициент различия графиков временных образов. На основе выбранного результата неконтролируемой классификации составлена карта тепловой структуры Краснодара. Информация, визуализированная на этой карте, может быть использована для оценки экологического состояния городской территории, в городском планировании, при оценке биоклиматической комфортности городской среды. Выявлены общие характерные особенности теплового поля Краснодара. Оно выделяется на фоне прилегающих территорий в связи с тем, что большое влияние на него оказывают, с одной стороны, промышленные зоны, образуя крупные по площади интенсивные положительные тепловые аномалии, а с другой стороны, большая по площади городская застройка с низкой озеленённостью с активным поглощением и излучением тепла. Вклад в тепловую структуру города вносят крупные рекреационные зелёные зоны, создающие отрицательные тепловые аномалии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тепловые космические снимки, географическое дешифрирование, тепловое поле, тепловая структура, Краснодар; Landsat

Mikhail Yu. Grishchenko<sup>3</sup>, Lev S. Kalitka<sup>4</sup>

# STUDYING THE SEASONAL VARIABILITY OF THERMAL FIELD OF KRASNODAR USING LANDSAT 8 SATELLITE IMAGERY

## **ABSTRACT**

Among all major cities of Russia Krasnodar is in the most mild and warm climatic conditions. In this regard, it is interesting to study the features of the seasonal variability of the Krasnodar thermal field, as well as the internal structure of the surface heat island, detected by thermal

 $<sup>^1</sup>$  МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1, географический ф-т; e-mail: m-gri@geogr.msu.ru

 $<sup>^2</sup>$  МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1, географический ф-т; *e-mail:* lev@kalitka.me

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskiye Gory, 1,

Faculty of Geography; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskiye Gory, 1, Faculty of Geography; *e-mail:* lev@kalitka.me

infrared satellite images. For this purpose, Landsat 8 multiseasonal thermal infrared satellite images (TIRS sensor), characterized by a spatial resolution of 100 m, were used. An unsupervised classification of the multitemporal image was performed. Out of the variants of the unsupervised classification results, an optimal one has been chosen. There were identified 13 classes of objects, different in seasonal variability of the intensity of thermal radiation, and forming the thermal structure of the analyzed territory. To choose the optimal variant of the unsupervised classification result, the difference coefficient was developed. Based on the selected result of the unsupervised classification, the Krasnodar thermal structure map was compiled. The information visualized on this map can be used to assess the ecological state of the urban area, in urban planning, in assessing the bioclimatic comfort of the urban environment. The general characteristic features of the Krasnodar thermal field are revealed. It stands out against the backdrop of the adjacent territories due to the fact that on the one hand, industrial zones have a great influence on it, forming large positive thermal anomalies in the area; on the other hand, a large urban area with low greenery with active heat absorption and heat radiation. Contribution to the thermal structure of the city is made by large recreational green zones, creating negative thermal anomalies.

**KEYWORDS:** thermal infrared imagery, geographical image interpretation, thermal field, thermal structure, Krasnodar, Landsat

## **ВВЕДЕНИЕ**

Тепловое поле любой территории формируется интенсивностью собственного излучения расположенных на ней природных и антропогенных объектов. В свою очередь, интенсивность собственного излучения объекта определяется рядом факторов, которые зависят от его физических и биохимических свойств. Источник собственного излучения объекта может быть как внутренним (проявления вулканической и поствулканической активности, промышленные предприятия, для которых характерно выделение тепла в ходе производственного процесса), так и внешним (солнечное излучение). В свою очередь, интенсивность нагрева объекта под действием солнечной радиации и интенсивность его излучения также определяются свойствами этого объекта. Таким образом, интенсивность теплового излучения может быть дешифровочным признаком объектов, явлений, процессов и их свойств.

Набор космических снимков более информативен, чем одиночные снимки. Для изучения теплового поля местности актуально использование космических снимков в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловых снимков), причём наиболее информативными будут снимки, зарегистрированные в интервале длин волн, на который приходится максимум собственного излучения земной поверхности (10–12 мкм). В случае использования тепловых космических снимков высокой информативностью с точки зрения дешифрирования характеризуются разносезонные ряды снимков [Грищенко, Балдина, 2017].

Для городов характерно повышение интенсивности теплового излучения (и, следовательно, повышение температуры воздуха и поверхности) по сравнению с окружающими территориями. Городской остров тепла — явление, заключающееся в повышении температуры воздуха в городе по сравнению с окружающей местностью; поверхностный остров тепла — явление, заключающееся в повышении температуры земной поверхности в пределах города по сравнению с окружающими территориями. Именно поверхностный остров тепла хорошо фиксируется на космических снимках.

Многие исследователи используют в качестве источника информации снимки со спутников серии Landsat, что объясняется их высоким пространственным и спектральным разрешением. Как дополнительный, а иногда и как основной источник информации используют снимки со спутника Terra, съёмочные системы MODIS и ASTER [Hu, Brunsell, 2015; Schwarz et al., 2011] или со спутников серии NOAA [Klok et al., 2012]. Среди авторов, использующих космические снимки для изучения поверхностного острова тепла, заметно

деление на тех, кто использует преимущественно снимки за летний период [Shen et al., 2016] и тех, кто использует разносезонные снимки [Effat, Hassan, 2014].

С городским островом тепла связана проблема формирования городского местного и микроклимата, определяющего снижение комфортности условий для жизни и деятельности городского населения, а также влияющего на повышение энергозатрат на обеспечение комфортного проживания в городе. Эта проблема относительно широко рассматривается для городов, расположенных в низких широтах, в то время как острова тепла городов умеренного пояса и более высоких широт изучаются далеко не так активно. Краснодар — один из крупнейших городов России (занимает 16 место по численности населения), но в отличие от большинства других крупных городов, характеризуется климатом, близким к субтропическому. Общая характеристика теплового поля Краснодара и его поверхностного острова тепла по одиночным тепловым снимкам хорошо показана в статье [Погорелов, Липилин, 2016]; задача нашего исследования —провести дешифрирование теплового поля Краснодара на основе разносезонной серии тепловых космических снимков с выделением элементов тепловой структуры города.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для работы были использованы снимки со спутника Landsat 8 (съёмочная система TIRS). На каждый сезон отобрано по 2–3 снимка.

Отбор снимков произведён в соответствии со следующими критериями:

- 1. Снимки должны полностью покрывать исследуемую территорию.
- 2. Снимки должны удовлетворять временным рамкам исследования (2015–2016 годы).
- 3. На снимках должна отсутствовать облачность, так как облака перекрывают объекты земной поверхности и создают крупные тепловые аномалии.
- 4. Погодные условия дат съёмки должны быть схожи с усреднёнными показателями погодных условий для рассматриваемого промежутка времени.
- 5. Снимки должны показывать сезонный ход, следовательно, они должны быть максимально равномерно распределены по сезонам.

Изначально тепловые снимки съёмочной системы TIRS представлены в виде совокупности так называемых «сырых значений» яркости DN (digital number). Их необходимо перевести в физические единицы, а именно – в значения спектральной плотности излучения.

Для снимков съёмочной системы TIRS расчёт спектральной плотности излучения может быть произведён с использованием коэффициентов, полученных из их метаданных, и осуществляется по формуле:  $L_{\lambda} = M_L Q cal + A_L$ , где  $M_L -$  мультипликативный коэффициент масштабирования метаданных канала, Q cal - исходные значения яркости пикселов,  $A_L -$  коэффициент масштабирования приращения для конкретных диапазонов<sup>1</sup>.

Разносезонные тепловые космические снимки могут быть объединены в один многовременной снимок (аналогично формированию многозонального снимка). Процесс создания многовременного теплового космического снимка происходит следующим образом. Разносезонные снимки располагаются в порядке смены сезонов без учёта года съёмки. Далее из снимков формируется «многослойный» файл в одном из растровых форматов, поддерживающих такую функцию, например, в формате \*.tif.

Для выявления тепловой структуры территории удобно провести неконтролируемую классификацию полученного таким образом многовременного космического снимка [Грищенко, Балдина, 2017]. Неконтролируемая классификация проведена по алгоритму ISO-DATA со следующими параметрами: вариант инициализации — along first eigenvector; минимальный размер кластера — 50 пикселов; порядок сходимости — 99 %; количество классов — от 5 до 21.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Using the USGS Landsat 8 Product / United States Geological Survey official website. Электронный ресурс: https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product (дата обращения 13.09.2018)

Далее из всех вариантов результатов неконтролируемой классификации необходимо выбрать один оптимальный. При выделении классов сезонная изменчивость интенсивности теплового излучения у них должна заметно различаться, в противном случае их выделение не имеет смысла; поэтому при определении оптимального количества классов мы ориентировались на различие графиков временных образов полученных классов и на возможность интерпретировать полученные классы, то есть определить, какие объекты им соответствуют.

Для всех полученных вариантов результатов неконтролируемой классификации вычислен коэффициент различия графиков временных образов, а именно – средние значения разностей между ближайшими по интенсивности излучения классами для каждого снимка. Для вычисления потребовалось упорядочить все значения интенсивности теплового излучения от большего к меньшему для каждого отдельного снимка в рамках многовременного. Далее для каждого снимка из больших значений отнимались меньшие (табл. 1).

Табл. 1. Результаты расчёта коэффициентов различия графиков временных образов Table 1. The results of the calculation of the temporal graphs difference coefficients

Количество классов	Коэффициент различия графиков вре- менных образов, Ватт/(м <sup>2</sup> *srad*мкм)	
5	0,26	
7	0,21	
8	0,18	
11	0,13	
12	0,13	
13	0,13	
15	0,10	
17	0,09	
19	0,10	
20	0,10	
21	0,09	

Как видно из таблицы, при выделении количества классов от 15 до 21 коэффициент практически идентичен, так же, как и при выделении количества классов от 11 до 13. Иными словами, при выделении 15 классов общая информативность результата неконтролируемой классификации скачкообразно снижается, в дальнейшем не меняясь. Таким образом, при выделении 13 классов мы получаем большое количество классов, различающихся между собой более заметно, чем при выделении 15 классов. Для дальнейшей работы выбран вариант с выделением 13 классов.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

После выбора результата классификации с оптимальным количеством классов мы получили графики сезонной изменчивости интенсивности теплового излучения (графики временных образов) 13 классов. Каждый полученный класс интерпретирован, то есть определено, какие объекты земной поверхности ему соответствуют (рис. 1).

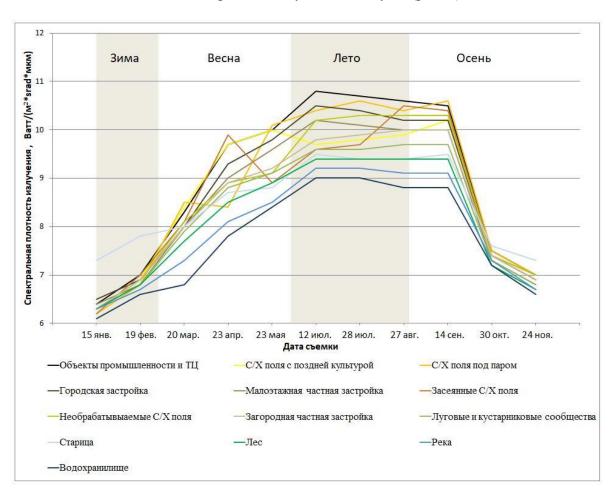


Рис. 1. Графики временных образов полученных 13 классов объектов земной поверхности Fig. 1. Graphs of temporary images for 13 received classes of objects of the land surface

Классы городской застройки являются наиболее «тёплыми». Изменения на графиках для всех классов городской застройки схожи, и различия заключаются только в числовых значениях, однако класс загородной частной малоэтажной застройки по сезонной изменчивости больше схож с классом луговых и кустарниковых сообществ, что обусловлено высокой степенью озеленённости такой застройки.

Классы водных объектов являются наиболее «холодными» по сравнению с другими. Графики акваторий реки Кубань и Краснодарского водохранилища имеют характерные для этого класса черты, связанные с повышенной теплоёмкостью водных объектов, однако график класса акватории озера Старая Кубань заметно отличается от них повышенной интенсивностью теплового излучения. Зимой этот класс является самым тёплым среди других классов, что обусловлено активной эксплуатацией озера Краснодарской ТЭЦ.

Классы сельскохозяйственных полей характеризуются резкими сменами значений интенсивности теплового излучения ввиду разных севооборотов на полях. Наиболее плавными изменениями характеризуется класс необрабатываемых сельскохозяйственных полей, который по изменчивости интенсивности теплового излучения схож с классом луговых и кустарниковых сообществ. Наиболее «тёплым» является класс полей под паром.

На основе полученных результатов дешифрирования космических снимков составлена карта тепловой структуры Краснодара, на которой визуализированы объекты земной поверхности, различающиеся по сезонной изменчивости теплового излучения, и вносящие различных вклад в формирование поверхностного острова тепла Краснодара (его усиление или смягчение) (рис. 2).

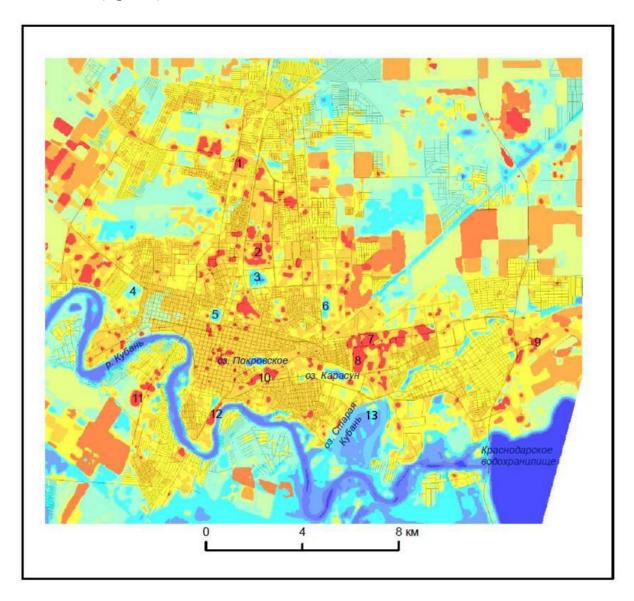


Рис. 2. Карта тепловой структуры Краснодара. Цифрами обозначены: 1. ТЦ «Красная Площадь»; 2. Завод «Очаково»; 3. Чистяковская роща; 4. Ботанический сад имени И.С. Косенко; 5. Всехсвятское кладбище; 6. Стадион ФК «Краснодар»; 7. ТРК «СБС Мегамолл»; 8. ТРК «Галактика»; 9. Международный аэропорт Краснодар; 10. Вокзал «Краснодар-1»; 11. ТЦ «МЕГА Адыгея»; 12. Краснодарский станкостроительный завод имени Г.М. Седина; 13. ПКиО «Солнечный Остров»

1. Shopping center "Red Square"; 2. "Ochakovo" plant; 3. Chistyakovskaya grove; 4. I.S. Kosenko Botanical garden; 5. Vsesvyatskoye (All Saints) cemetery; 6. FC "Krasnodar" stadium; 7. Shopping center "SBS Megamall"; 8. Shopping center "Galaxy"; 9. Krasnodar international airport; 10. Krasnodar-1 railway station; 11. Shopping center "MEGA Adygeya"; 12. G.M. Sedin Krasnodar machine-tool plant; 13. "Solnechny Ostrov" ("Sunny Island") park

Fig. 2. Krasnodar thermal structure map. The numbers are:

Типы объектов земной поверхности	Сезонная дифференциация теплового поля	Спектральное излучение, Ватт/(м2*srad* мкм)	Стандартное отклонение 0,22
Объекты промышленности и ТЦ	Экстремально высокая интенсивность теплового излучения в течение всего года	8,95	
Жилая застройка	Повышенная интенсивность теплового излучения в течение всего года (низкая озелененность)	8,74	0,11
	Низкая интенсивность теплового излучения в течение всего года (высокая озелененность)	8,56	0,12
	Низкая интенсивность теплового излучения за пределами городской застройки в течение всего года (высокая озелененность)	8,48	0,15
Лесные, кустарниковые и луговые сообщества	Не формирующие отрицательные тепловые аномалии в течение всего года	8,33	0,17
	Формирующие отрицательные тепловые аномалии в течение всего года	8,15	0,13
Водные объекты	Подверженные интенсивному тепловому загрязнению в течение всего года	8,48	0,25
	Характеризующиеся средней теплоемкостью	7,95	0,12
	Характеризующиеся повышенной теплоемкостью	7,74	0,04
Сельскохозяйственные поля	Повышенная интенсивность теплового излучения в течение всего года	8,77	0,21
	Повышенная интенсивность теплового излучения в течение весеннего сезона	8,66	0,23
	Повышенная интенсивность теплового излучения в течение осеннего сезона	8,61	0,21
	Пониженная интенсивность теплового излучения в течение всего года	8,62	0,21

Рис. 3. Легенда к карте тепловой структуры Краснодара Fig. 3. Legend for Krasnodar thermal structure map

Элементы легенды сгруппированы по следующим категориям (рис. 3):

- а) объекты промышленности и торговые центры;
- б) жилая застройка;
- в) лесные, кустарниковые и луговые сообщества;
- г) водные объекты;
- д) сельскохозяйственные поля.

Объекты промышленности и торговые центры определены только одним элементом тепловой структуры, для которого характерна экстремально высокая интенсивность теплового излучения в течение всего года. Он характеризуется крайне высокой степенью поглощения и излучения тепловой энергии в течение всего года. Этот элемент включает большинство промышленных объектов и складов, ТЭЦ и крупнейшие торговые центры города. Кроме того, сюда попадают городские кварталы с наиболее плотной застройкой, а также участки открытого грунта (например, строительные площадки).

Жилая застройка включает три элемента тепловой структуры. Первый элемент характеризуется повышенной интенсивностью теплового излучения в течение всего года (низкая озеленённость). Объекты этого элемента занимают большую часть площади города. Для них характерны высокая степень поглощения и излучения тепловой энергии и малая площадь зелёных насаждений. Для второго элемента характерна низкая интенсивность теплового излучения в течение всего года (высокая озеленённость). Объекты данного элемента в большей степени располагаются на периферии города. Они характеризуются большей площадью зелёных насаждений и сниженным влиянием городского острова тепла на эти объекты. Третий элемент характеризуется низкой интенсивностью теплового излучения за пределами городской застройки в течение всего года (высокая озеленённость). Объекты этого элемента находятся в основном за городской чертой, в северной и южной частях исследуемой зоны, что соответствует посёлкам Яблоновский и Северный. Для них характерна самая низкая степень поглощения и излучения тепловой энергии в течение всего года среди остальных элементов жилой застройки, а также большая площадь зелёных насаждений.

Лесные, кустарниковые и луговые сообщества включают два элемента тепловой структуры. Первый элемент не формирует отрицательные тепловые аномалии в течение всего года. Объекты этого элемента занимают большую часть площади крупных рекреационных зон внутри города, а также располагаются за чертой города в южной части исследуемой территории. Они характеризуются средней степенью излучения тепловой энергии. Второй элемент формирует отрицательные тепловые аномалии в течение всего года. Данный элемент по площади уступает предыдущему и чаще всего находится на его границах. Для них характерна пониженная интенсивность излучения тепловой энергии.

Водные объекты включают три элемента тепловой структуры. Первый элемент подвержен интенсивному тепловому загрязнению в течение всего года. Этот элемент определяется только акваторией старицы реки Кубань. Он характеризуется высокой интенсивностью теплового излучения, что не является характерным для объектов этой категории; при анализе установлено, что на этот элемент активно воздействует Краснодарская ТЭЦ, используя его для охлаждения. Второй элемент характеризуется средней теплоёмкостью. Этот элемент наблюдается в пределах акватории реки Кубань, а также внутри наиболее крупных озёр Покровское и Карасун. Он имеет уже более характерные для этой категории черты, характеризующиеся средним показателем теплоёмкости и низкой степенью излучения тепловой энергии. Третий элемент характеризуется повышенной теплоёмкостью. Территориально данный элемент покрывает площадь Краснодарского водохранилища, а также наиболее глубокие участки реки Кубань. Во многом он повторяет второй элемент, но характеризуется более высокой теплоёмкостью и более низкими показателями теплового излучения.

Сельскохозяйственные поля включают четыре элемента тепловой структуры. Все объекты земной поверхности этой категории характеризуются схожим пространственным распределением. Все они расположены за городской чертой и преимущественно характеризуются правильной геометрической формой. Первый элемент имеет повышенную интенсивность теплового излучения в течение весеннего сезона. Он включает сельскохозяйственные поля, которые, ввиду позднего времени засевания, характеризуются высокой степенью поглощения и излучения тепловой энергии в течение весеннего сезона. Для второго элемента характерна повышенная интенсивность теплового излучения в течение весеннего, летнего и осеннего сезонов. Данный элемент включает сельскохозяйственные поля под паром, для которых характерны повышенные показателями поглощения и излучения тепловой энергии практически в течение всего года. Третий элемент имеет повышенную интенсивность теплового излучения в течение осеннего сезона. Данный элемент определяет засеянные сельскохозяйственные поля. Четвёртый элемент характеризуется пониженной интенсивностью теплового излучения в течение всего года. Данный элемент относится к территориям необрабатываемых сельскохозяйственных полей. Для него, в отличие от остальных, характерны более низкие показатели поглощения и излучения тепловой энергии в течение года, чем и обусловлена его схожесть с элементами из категории лесных, кустарниковых и луговых сообществ.

Каждому элементу соответствует свой цвет. Цвета меняются от красного (для экстремально высокой интенсивности теплового излучения у объектов промышленности) до синего (для водных объектов с высокой теплоёмкостью). Цветовая схема подбиралась экспериментальным путём таким образом, чтобы более тёплые цвета соответствовали объектам с более высокой интенсивностью теплового излучения, а более холодные — с более низкой.

Разработанная карта визуализирует особенности тепловой структуры города и различные тепловые аномалии. Таким образом, анализируя карту, можно выявить объекты с положительными или отрицательными тепловыми аномалиями, что является ценной информацией при оценке экологического состояния города. Так, например, по карте можно определить действующие объекты промышленности и оказываемое ими тепловое влияние, оценить влияние зелёных зон города на дифференциацию теплового поля.

Анализируя пространственное распределение внутри города, можно выделить два типа объектов: объекты, формирующие положительные аномалии, и объекты, формирующие отрицательные тепловые аномалии.

Такие объекты, как крупные склады, торговые центры и объекты промышленности относятся к объектам, формирующим положительные тепловые аномалии; большинство из них располагается внутри промышленных зон. Наиболее крупными среди них являются аэропорт «Краснодар», вокзал «Краснодар-1», торговые центры «Красная Площадь», «МЕГА Адыгея», торгово-развлекательные комплексы «СБС Мегамолл», «Галактика», а также завод «Очаково» и нефтеперерабатывающий завод «Краснодарэконефть». В более прохладные сезоны мощные и интенсивные положительные тепловые аномалии создаёт старица (из-за эксплуатации ТЭЦ).

Такие объекты, как река Кубань, Краснодарское водохранилище, озёра Покровское и Карасун, а также крупные зелёные зоны внутри города (Чистяковская роща, стадион «ФК Краснодар», Всесвятское кладбище и ботанический сад имени И.С. Косенко) относятся к объектам, формирующим отрицательные тепловые аномалии. Большинство этих объектов используются как рекреационные зоны, так как они образуют крупные «острова прохлады» в тёплые сезоны.

Разработанная карта, помимо прочего, может быть использована для городского планирования, так как на ней хорошо различимы тепловые аномалии, связанные как с промышленными зонами, так и с крупными рекреационными объектами. Карту можно использовать как один из материалов для оценки комфортности проживания населения в городе.

# выводы

Тепловое поле Краснодара выделяется на фоне прилегающих территорий в связи с тем, что большое влияние на него оказывают, с одной стороны, промышленные зоны, образуя крупные по площади интенсивные положительные тепловые аномалии, а с другой стороны, большая по площади городская застройка с низкой озеленённостью с активным поглощением и излучением тепла. Вклад в тепловую структуру города вносят крупные рекреационные зелёные зоны, создающие отрицательные тепловые аномалии.

Использование коэффициента различия графиков временных образов при выборе результата неконтролируемой классификации позволяет получить оптимальное количество классов объектов земной поверхности.

Различия в сезонной изменчивости интенсивности теплового излучения городских объектов позволяют классифицировать их и связывать тип сезонной изменчивости интенсивности теплового излучения с их свойствами, что открывает новые возможности для дешифрирования и картографирования городских территорий.

Использованная в представленной работе методика имеет свои достоинства и недостатки. С одной стороны, космические снимки, используемые здесь в качестве исходных материалов, находятся в свободном доступе, а их детальность соответствует требуемой для изучения внутренней структуры теплового поля города. С другой стороны, методика накладывает определённые ограничения на исходные материалы: тепловые космические снимки должны быть получены одной съёмочной системой и отражать все сезоны в году — для регионов, для которых типична облачная погода, подобрать достаточное количество снимков может быть проблематично. Перед проведением неконтролируемой классификации необходимо внимательно изучить исследуемую территорию по снимкам в видимом диапазоне, чтобы в дальнейшем адекватно оценивать результаты неконтролируемой классификации.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект 18-05-00715 А.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, project 18-05-00715 A.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Грищенко М.Ю., Балдина Е.А.* Исследование возможностей применения снимков в тепловом инфракрасном диапазоне для создания тематических карт. Картография в цифровую эпоху. Вопросы географии. Т. 144. М.: Издательский дом «Кодекс», 2017. С. 358–375.
- 2. *Погорелов А.В., Липилин Д.А.* Тепловой «портрет» города Краснодара. Поиск тепловых аномалий. Географические исследования Краснодарского края. Сборник научных трудов. Краснодар, 2016. С. 219–231.
- 3. *Effat H.A.*, *Hassan O.A.K.* Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt. Urban Climate, 2014. V. 10. Part 1. P. 171–188.
- 4. *Hu L.*, *Brunsell N.A.* A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles. Remote Sensing of Environment, 2015. V. 158. P. 393–406. DOI: 10.1016/j.rse.2014.10.022.
- 5. *Klok L.*, *Zwart S.*, *Verhagen H.*, *Mauri E.* The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. Resources, Conservation and Recycling, 2012. V. 64. P. 23–29. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.01.009.
- 6. Schwarz N., Lautenbach S., Seppelt R. Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 2011. V. 115. P. 3175–3186.

7. *Shen H.*, *Huang L.*, *Zhang L.*, *Wu P.*, *Zeng C.* Long-term and fine-scale satellite monitoring of the urban heat island effect by the fusion of multi-temporal and multi-sensor remote sensed data: A 26-year case study of the city of Wuhan in China. Remote Sensing of Environment, 2016. V. 172. P. 109–125. DOI: 10.1016/j.rse.2015.11.005.

#### REFERENCES

- 1. *Effat H.A.*, *Hassan O.A.K.* Change detection of urban heat islands and some related parameters using multi-temporal Landsat images; a case study for Cairo city, Egypt. Urban Climate, 2014. V. 10. Part 1. P. 171–188.
- 2. *Grishchenko M.Y.*, *Baldina E.A.* Studying the possibilities of thermal space imagery application for thematic mapping. Cartography in the digital age. Questions of geography. V. 144. Moscow: Publishing house "Kodeks", 2017. P. 358–375 (in Russian).
- 3. *Hu L., Brunsell N.A.* A new perspective to assess the urban heat island through remotely sensed atmospheric profiles. Remote Sensing of Environment, 2015. V. 158. P. 393–406. DOI: 10.1016/j.rse.2014.10.022.
- 4. *Klok L., Zwart S., Verhagen H., Mauri E.* The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. Resources, Conservation and Recycling, 2012. V. 64. P. 23–29. DOI: 10.1016/j.resconrec.2012.01.009.
- 5. *Pogorelov A.V.*, *Lipilin D.A.* Thermal "portrait" of Krasnodar. Looking for thermal anomalies. Geographical researches of Krasnodar Krai. Collection of proceedings. Krasnodar, 2016. P. 219–231 (in Russian).
- 6. Schwarz N., Lautenbach S., Seppelt R. Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 2011. V. 115. P. 3175–3186.
- 7. *Shen H., Huang L., Zhang L., Wu P., Zeng C.* Long-term and fine-scale satellite monitoring of the urban heat island effect by the fusion of multi-temporal and multi-sensor remote sensed data: A 26-year case study of the city of Wuhan in China. Remote Sensing of Environment, 2016. V. 172. P. 109–125. DOI: 10.1016/j.rse.2015.11.005.

УДК: 51-7:551.46.062.5 (262.54) DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-112-120

Л.В. Дашкевич<sup>1</sup>, В.В. Кулыгин<sup>2</sup>

# ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ АЗОВСКОГО МОРЯ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ СЪЁМКИ И НАБЛЮДЕНИЙ ПРИБРЕЖНЫХ ГИДРОМЕТЕОСТАНЦИЙ

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрены особенности оценки средней годовой температуры воды для акватории Азовского моря в целом. Представлена краткая история исследования этого параметра по материалам разных авторов.

Проведено сравнение средних оценок температуры воды, полученных по данным наблюдений на гидрометеорологических станциях, и результатов спутниковой съёмки температуры поверхности моря по данным радиометров AVHRR (спутники серии NOAA, уровень обработки L4) за период 1982–2015 годов. Показано хорошее соответствие оценок, полученных из двух независимых источников.

По результатам сравнительного анализа предложены оптимальные варианты осреднения данных наблюдений за температурой вод Азовского моря для получения климатически значимых характеристик. Хорошее соответствие между оценками среднегодовой температуры воды по спутниковой информации и данным наблюдений на гидрометеорологических станциях позволяет сделать вывод об адекватности использования методики осреднения прибрежных наблюдений для оценки среднегодовой температуры вод Азовского моря в целом и возможности её использования при ретроспективных исследованиях климатических изменений в регионе.

В многолетней динамике изменений температуры воды Азовского моря по данным дистанционного зондирования Земли, так же как и по информации гидрометеорологических станций, наблюдается тенденция её роста с середины 1990-х годов, несколько замедлившаяся после наиболее тёплого за имеющийся период спутниковых наблюдений 2010 год. Выявлено потепление вод Азовского моря в начале XXI века относительно конца XX века почти на градус Цельсия, более выраженное в открытой части акватории.

**КЛЮЧЕВЫЕ** СЛОВА: Азовское море, средняя годовая температура воды, спутниковые данные

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* ldashkev@ssc-ras.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН, пр. Чехова, д. 41, 344006, Ростов-на-Дону, Россия, *e-mail:* **kulygin@ssc-ras.ru** 

# Lyudmila V. Dashkevich<sup>1</sup>, Valerii V. Kulygin<sup>2</sup>

# THE AVERAGE TEMPERATURE ASSESSMENT OF THE SURFACE LAYER OF THE SEA OF AZOV BASED ON SATELLITE IMAGERY AND OBSERVATIONS AT COASTAL HYDROMETEOROLOGICAL STATIONS

#### **ABSTRACT**

The assessment of the average annual sea temperature of the Sea of Azov are considered. A brief history of the study of this parameter based on the materials of various authors is presented.

A comparison of the average sea temperature assessment obtained from observations at hydrometeorological stations and from the satellite imagery was made. Sea surface temperature maps are based on AVHRR radiometers data (NOAA satellites, processing level L4). The period 1982–2015 was considered. The good agreement of the assessments obtained from two independent sources was shown.

According to the results of a comparative analysis, the optimal variants of averaging the data of sea temperature observations of the Sea of Azov to obtain climatically significant characteristics are proposed. The agreement between the assessments of the average annual sea temperature with using satellite information and observational data at hydrometeorological stations suggests the adequacy of using the averaging method of coastal observations to estimate the Sea of Azov annual temperature and the possibility of using it in retrospective studies of climate change in the region.

In the long-term dynamics of changes in the sea temperature of the Sea of Azov according to the data of remote sensing of the Earth, as well as according to the information of hydrometeorological stations, there is a tendency of its growth since the mid-1990s, somewhat slowed down after the warmest year 2010. The warming of the waters of the Sea of Azov at the beginning of the twenty-first century relative to the end of the twentieth century by almost a degree Celsius, more pronounced in the open part of the sea, is detected.

**KEYWORDS:** Sea of Azov, average annual sea temperature, satellite imagery

## **ВВЕДЕНИЕ**

\_\_\_\_\_

При оценках состояния водной экосистемы часто используют такие показатели гидрологического режима как средние годовые солёность и температура воды. Как известно, локальные неосреднённые значения температуры воды не дают искомой климатической информации в явном виде, даже если для анализа имеется столетний ряд таких локальных измерений. В то же время среднегодовые значения, из которых исключен сезонный и суточный ход, осреднённые по пространству выбранных акваторий для исключения пространственной изменчивости, при условии достаточной длительности ряда удобны для выявления климатических тенденций и потому являются климатически значащим параметром [Фёдоров, Островский, 1986].

История оценки климатических изменений по средним годовым показателям для Азовского моря начинается во второй половине XX века. До этого обширная работа по изучению Азовского моря, проведенная Н.М. Книповичем [Книпович, 1932; Гидрологический справочник..., 1937], не включала в себя обобщения для акватории в целом, а экспедиционные данные и наблюдения на гидрометеорологических станциях (ГМС) использовались для описания различных небольших районов моря.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Federal Research Center the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chekhov avenue, 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail*: **ldashkev@ssc-ras.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Federal Research Center the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chekhov avenue, 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia, *e-mail:* kulygin@ssc-ras.ru

В работе [Гидрометеорологический справочник..., 1962] впервые были приведены оценки средней многолетней температуры воды поверхностного слоя Азовского моря для четырёх районов на основе экспедиционных наблюдений (методика оценки не указывалась). В [Гидрометеорологические условия..., 1986] приведена среднемноголетняя температура вод по 44 квадратам моря на основе данных прибрежных и экспедиционных наблюдений, однако, в этой работе нет оценок температуры вод по годам для моря в целом (или районов). Нет таких оценок и в более позднем справочнике [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1991]. Обобщённые оценки средней температуры вод по годам для Азовского моря в целом встречаются в работах Ю.М. Гаргопы — например, [Гаргопа, 2003]: на основе осреднения данных наблюдений семи ГМС (Приморско-Ахтарск, Мариуполь, Ейск, Таганрог, Мысовое, Кубанская Устьевая, Бердянск). Вероятно, такой выбор станций определялся наличием данных. Следует отметить, что при таком выборе превалируют данные восточной части акватории, что, по нашим оценкам, может давать несколько заниженные значения температуры воды при осреднении.

Попытка получить картину средних температур Азовского моря по годам на основе данных экспедиционных наблюдений в открытом море была предпринята в рамках диссертационной работы [Дашкевич, 2008]. Однако количество данных и, главное, неоднородность их распределения по акватории и сезонам года не позволили получить среднюю ежегодную оценку температуры вод открытой части Азовского моря. Были построены среднемноголетние карты и вертикальные разрезы распределения температуры вод по месяцам [Маtishov et al., 2008; Дашкевич, 2008], а также рассчитаны средние многолетние температуры по месяцам и глубинам для Таганрогского залива (ТЗ), открытой части собственно моря (СМ) и моря в целом [Дашкевич, 2008].

Развитие системы спутниковых наблюдений и открытие общего доступа к некоторым данным дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) позволили вернуться к вопросу средней годовой температуры воды для Азовского моря. ДДЗЗ позволяют оценить только некоторые параметры, измеряемые на ГМС, но их несомненное преимущество — территориальный охват — возможность рассмотреть то, или иное явление одномоментно на всей акватории.

Наличие доступных многолетних архивов ДДЗЗ позволяет проводить всесторонний анализ температуры поверхности различных морей. Для вод Чёрного и Азовского морей на основе данных проекта Pathfinder за 1982–2009 годы в работе [Гинзбург и др., 2011] была оценена месячная температура (для Азовского моря с апреля по ноябрь) и сделан вывод о наблюдающемся потеплении морских вод. Аналогичная тенденция отмечена для температуры поверхности трёх районов Каспийского моря (Северного, Среднего и Южного Каспия) [Гинзбург, Костяной, 2018]. Среднемноголетний (за 1998–2017 годы) внутригодовой цикл температуры поверхности Чёрного моря по данным радиометра AVHRR рассмотрен в работе [Артамонов и др., 2019]: выявлены области моря с максимальной внутригодовой изменчивостью этой характеристики.

Следует отметить, что сравнение ДДЗЗ с регулярными наблюдениями на ГМС встречается нечасто. В настоящей работе был восполнен этот пробел для акватории Азовского моря.

Пространственное распределение температуры воды в Азовском море относительно однородно. Мелководность водоёма и ветровое перемешивание зачастую создают условия гомотермии в акватории. Однако даже в этом случае существуют различия между северным, южным, а также западным и восточным побережьями СМ, и особенно ТЗ, что необходимо учитывать при оценке средней температуры воды для моря в целом. Прибрежная зона в связи с мелководностью отличается от остальной акватории очень большими суточными и сезонными колебаниями температуры воды, однако годовые значения достаточно стабильны.

В рамках государственного задания ЮНЦ РАН (№ госрегистрации 01201363188) разработан метод оценки средней температуры поверхностного слоя акватории Азовского моря в целом на основе данных наблюдений прибрежных ГМС. Проведена верификация предлагаемого метода на основе ДДЗЗ радиометров AVHRR (спутники серии NOAA, уровень обработки L4). По результатам сравнительного анализа предложены оптимальные варианты осреднения данных наблюдений за температурой вод Азовского моря для получения климатически значимых характеристик.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Источником данных наблюдений на ГМС были общедоступные базы данных: Южного научного центра РАН [Matishov et al., 2008]; российского сайта ООО «Расписание Погоды» (http://rp5.ru) и Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (http://esimo.pacificinfo.ru).

Следует отметить, что на оценку средней температуры Азовского моря в целом очень сильно влияет число и расположение станций ГМС, участвующих в осреднении. В случае данного водоёма представляется обязательным соблюдать равномерность распределения осредняемых станций по акватории. Нами использовались данные следующих ГМС: Таганрог, Ейск, Мариуполь, Бердянск, Геническ, Приморско-Ахтарск, Кубанская Устьевая, Мысовое, которые относительно равномерно расположены по побережью моря (рис.1). Наборы срочных данных температуры вод были осреднены посуточно, помесячно и далее до среднегодовых значений.

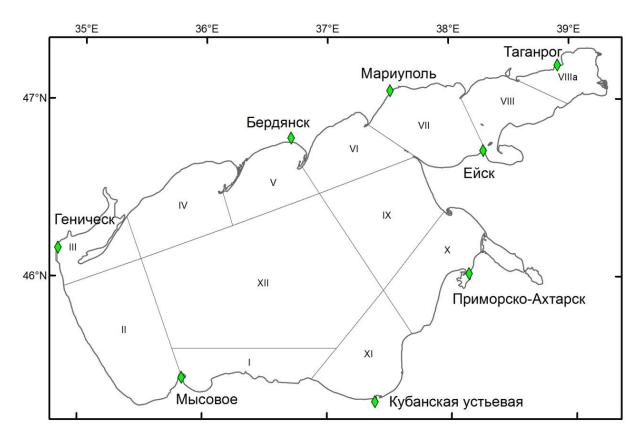


Рис. 1. Картосхема Азовского моря с основными гидрометеорологическими станциями и районированием акватории согласно [Гидрометеорологический справочник..., 1962] Fig. 1. The schematic map of the Sea of Azov with the main hydrometeorological stations and zoning of the water area according to [Hydrometeorological reference..., 1962]

В качестве данных спутникового мониторинга использовался продукт «Чёрное море – температура поверхности моря в высоком разрешении» от Европейского центра данных Сорегпісия (Marine environment monitoring service http://marine.copernicus.eu). В основе этого продукта данные проекта Pathfinder версия 5.2 (PFV52) – спутниковые снимки, полученные радиометрами AVHRR, установленными на спутниках серии NOAA), уровень обработки L4 за период 1982–2015 годов. При создании указанного продукта для заполнения пустых ячеек, связанных с облачностью, использовался алгоритм оптимальной интерполяции (среднеквадратичная ошибка для продукта в целом составляет 0.55 °C, среднее отклонение – 0.21 °C). Набор данных представлял собой среднесуточные значения температуры воды на каждую дату за период с 01.01.1982 по 31.12.2015 годов в узлах регулярной сетки с размером ячейки 0.0417°х 0.0417° (это оригинальное разрешение данных PFV52).

Акватория Азовского моря была разделена на регионы согласно схеме районирования Азовского моря в [Гидрометеорологический справочник..., 1962] (рис.1). Расчёт среднегодовых значений средней по морю температуры воды на основе ДДЗЗ производился в несколько этапов:

- 1) суточное значение для каждого из районов рассчитывалось как среднее арифметическое всех ячеек сетки, попавших в соответствующий район;
  - 2) суточные значения осреднялись в пределах месяца для каждого района;
  - 3) месячные значения осреднялись в пределах года для каждого района;
- 4) среднее годовое значение температуры воды для Т3, СМ и моря в целом рассчитывалось как средневзвешенное значение с учётом площадей соответствующих районов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наилучшее соответствие между оценками по данным ГМС и по спутниковым снимкам (рис. 2) было получено для ТЗ при осреднении данных трёх станций (Таганрог, Ейск, Мариуполь), а СМ — четырёх (Геническ, Приморско-Ахтарск, Кубанская Устьевая и Бердянск), коэффициент корреляции (R) в обоих случаях равен 0.92.

Как показал анализ данных, для ТЗ при осреднении данных температуры воды достаточно использовать две станции (Таганрог и Ейск; R=0.91), что актуально в условиях сложности получения информации с украинского побережья. При осреднении данных только Таганрога и Мариуполя или Ейска и Мариуполя, результат получался значительно хуже, что объясняется географическим положением ГМС.

Лучшее соответствие между оценками по данным ГМС и спутниковых снимков для моря в целом получено при осреднении данных шести следующих станций: Таганрог, Ейск, Геническ, Приморско-Ахтарск, Кубанская Устьевая и Бердянск (R=0.92). Более того, коэффициент корреляции между ДДЗЗ и осреднёнными данными ГМС для моря в целом несколько выше, если в осреднении участвуют шесть станций (R=0.92), а не восемь (R=0.90). То же отмечено и для СМ: при осреднении данных четырёх ГМС (Геническ, Приморско-Ахтарск, Кубанская Устьевая и Бердянск): R=0.92, против R=0.88 при добавлении в осреднение данных ГМС Мысовое. Таким образом, как показал сравнительный анализ, при осреднении температуры вод для акватории в целом данными ГМС Мариуполь и Мысовое можно пренебречь.

При сравнении графиков для ТЗ и СМ, полученных по данным ГМС и ДДЗЗ (рис. 2), выявлено, что при общем характере изменений температура вод по снимкам системно на 0.01–0.7 °С выше, чем по данным ГМС. Вероятно, это связано с разницей между температурой поверхности моря (измеряемой дистанционными методами) и температурой поверхностного слоя вод (измеряемого контактными методами). Следует отметить, что коэффициент корреляции между графиками среднегодовой температуры воды по ДДЗЗ и оценкам по ГМС несколько выше для безлёдного периода (весна-осень): R=0.95 и 0.94 для ТЗ и СМ соответственно. Возможно, это говорит о недооценке зимних температур воды по ДДЗЗ.

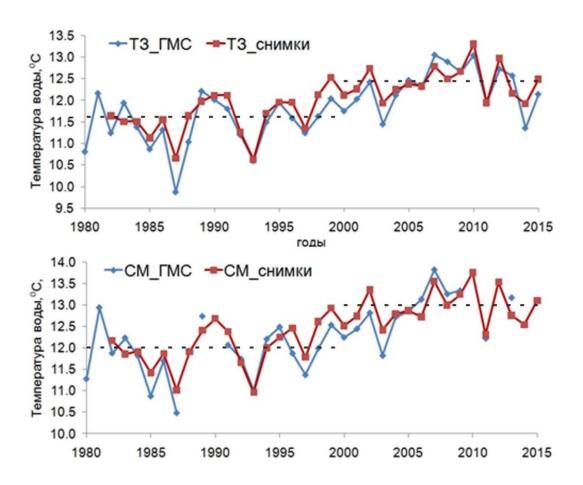


Рис. 2. Сравнение средних температур воды по данным гидрометеорологических станций и дистанционного зондирования Земли (пунктирной линей отмечена средняя температура воды за период)

Fig. 2. Comparison of average sea temperatures according to the observations at hydrometeorological stations and remote sensing data (the dotted line indicates the average sea temperature over a period)

Проведённый анализ, по данным как ГМС, так и Д33, выявил повышение средней годовой температуры воды за период с 2000-2015 годов относительно 1982-1999 годов на 0.84 и 0.95 °C в Т3 и СМ соответственно (рис. 2).

На рис. З представлена средняя годовая температура поверхности вод Азовского моря по ДДЗЗ. За рассматриваемый период наиболее низкая среднегодовая температура была отмечена в 1987 году, а наиболее высокая — в 2010 году. В качестве примера средних температур для периода 1982—1999 годов на рис. З приведён 1984 год, а для современного периода 2000—2015 годов — 2005 год соответственно. По рис. 2 и 3 можно проследить тенденцию повышения средней годовой температуры вод примерно с середины 1990-х годов. Это согласуется с исследованиями других авторов в Азово-Черноморском бассейне, например, [Гинзбург и др., 2011; Артамонов и др., 2019].

Хорошее соответствие между оценками среднегодовой температуры воды по ДДЗЗ и данным ГМС позволяет сделать вывод об адекватности использования методики осреднения прибрежных наблюдений для оценки среднегодовой температуры поверхностных вод акватории Азовского моря в целом и возможности её использования при ретроспективных исследованиях климатических изменений в регионе.

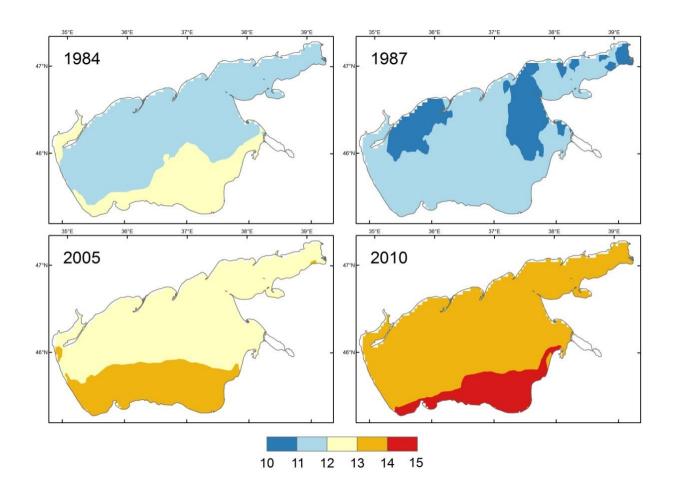


Рис. 3. Пространственное распределение средней годовой температуры воды (°C) в Азовском море по данным дистанционного зондирования Земли Fig. 3. Spatial distribution of the average annual water temperature (°C) in the Azov Sea based on remote sensing data

# выводы

В многолетней динамике температуры воды Азовского моря по ДДЗЗ (1982–2015 годы), так же как и по данным ГМС (рис. 2 и 3), наблюдается тенденция её роста с середины 1990-х годов (и по данным ГМС и по ДДЗЗ: для T3-0.04 °C/год, для СМ -0.05 °C/год), несколько замедлившаяся после наиболее тёплого за имеющийся период спутниковых наблюдений 2010 года. Выявлено повышение средней годовой температуры воды за период с 2000–2015 годов относительно 1982–1999 годов на 0,84 и 0,95 °C в ТЗ и СМ соответственно.

Весьма вероятно, что отмеченные тенденции являются примером внутривековых природных циклов [Матишов и др., 2008; 2010].

Полученные результаты позволяют использовать средние оценки температуры воды по наблюдениям на береговых ГМС (полученные предлагаемым методом) на ряду с ДДЗЗ при реконструкции температурного режима Азовского моря.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 01201363188.

#### **ACKNOWLEDGMENTS**

The publication was prepared in the framework of the implementation of the state assignment of the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, project No 01201363188.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Артамонов Ю.В., Скрипалева Е.А., Латушкин А.А., Федирко А.В.* Среднемноголетний внутригодовой цикл гидрооптических характеристик, хлорофилла *а* и температуры на поверхности Чёрного моря по спутниковым данным. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2019. Т. 16. № 1. С. 171–180.
- 2. *Гаргопа Ю.М.* Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря. Дисс... докт. географических наук. Мурманск, 2003. 467 с.
- 3. Гидрологический справочник морей СССР. Т. III: Азовское море. Вып. 2. Л.– М.: Гидрометиздат, 1937. 465 с.
- 4. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР. Т. 3. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат., 1986. 218 с.
- 5. Гидрометеорологический справочник Азовского моря. Ред. А.А. Аксёнов. Л: Гидрометеорологическое изд., 1962. 856 с.
- 6. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. V. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 237 с.
- 7. *Гинзбург А.И.*, *Костяной А.Г*. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990-е 2017 гг.). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2018. Т. 15. № 7. С. 195–207.
- 8. *Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А.* Чёрное и Азовское моря: сравнительный анализ изменчивости температуры поверхности (1982−2009 гг., спутниковая информация). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. Т.8. № 4. С. 209–218.
- 9. Дашкевич Л.В. Анализ многолетней изменчивости температурного режима вод открытой части Азовского моря с использованием геоинформационных технологий и математического моделирования. Дис... канд. географических наук. Мурманск: Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2008. 164 с.
- 10. Книпович Н.М. Гидрологические исследования в Азовском море. Труды Азово-Черноморской научно-промысловой экспедиции. М., 1932. Вып. 5. 495 с.
- 11. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М.* Климатогенные изменения экосистем южных морей в условиях антропогенных воздействий. Известия РАН. Серия географическая, 2008. № 3. С. 26–34.
- 12. *Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Гаргопа Ю.М., Дашкевич Л.В.* Замерзание Азовского моря и климат в начале XXI века. Вестник Южного научного центра РАН, 2010. Т.6. № 1. С. 33–40.
- 13.  $\Phi$ ёдоров К.Н., Островский А.Г. Климатически значащие физические параметры океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 42 с.
- 14. *Matishov G., Matishov D., Gargopa Yu., Dashkevich L., Berdnikov S., Kulygin V., Archipova O., Chikin A., Shabas I., Baranova O., Smolyar I.* Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. Cep. International Ocean Atlas and Information Series. V. 11. OAA Atlas NESDIS 65. Washington: U.S. Government Printing Office, 2008. 148 p.

#### REFERENCES

1. Artamonov Yu.V., Skripaleva E.A., Latushkin A.A., Fedirko V.A. Multi-year average intra-annual cycle of hydrooptical characteristics, chlorophyll a and surface temperature of the Black sea from

- satellite data. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2019. V. 16. No 1. P. 171–180 (in Ruissian).
- 2. *Dashkevich L.V.* Analysis of long-term variability of the temperature regime of the waters of the open part of the Azov Sea using geoinformation technologies and mathematical modeling. The thesis of PhD of geographical sciences. Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, 2008. 164 p. (in Russian).
- 3. *Fedorov K.N.*, *Ostrovskii A.G.* Climatically meaningful physical parameters of the ocean. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986. 42 p. (in Russian).
- 4. *Gargopa Yu.M.* Large-scale changes in the hydrometeorological conditions for the formation of the bioproductivity of the Azov Sea. The thesis of Doctor of geographical sciences. Murmansk, 2003. 467 p. (in Russian).
- 5. *Ginzburg A.I.*, *Kostyanoy A.G.* Tendencies of changes in hydrometeorological parameters of the Caspian Sea in the modern period (1990s –2017). Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2018. V. 15. No 7. P. 195–207.
- 6. *Ginzburg A.I., Kostyanoj A.G., Sheremet N.A.* The Black and Azov seas: a comparative analysis of the sea surface temperature variability (1982–2009, satellite information). Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2011. V. 8. No 4. P. 209–218 (in Russian).
- 7. Hydrometeorological conditions of the shelf zone of the seas of USSR. Book 3. Sea of Azov. Leningrad: Hydrometeorological Publishing, 1986. 218 p. (in Russian).
- 8. Hydrometeorological reference of the Sea of Azov. Ed. By A.A. Aksyonov. Leningrad: Hydrometeorological Publishing, 1962. 856 p. (in Russian).
- 9. Hydrometeorological reference of the seas of USSR. Book 3. The Sea of Azov. Leningrad–Moscow: Hydrometeorological Publishing, 1937. 465 p. (in Russian).
- 10. Hydrometeorology and hydrochemistry of seas of the USSR. V. V. The Sea of Azov. Leningrad: Hydrometeorological Publishing, 1991. 237 p. (in Russian).
- 11. *Knipovich N.M.* Hydrological Studies in the Sea of Azov. Transactions of the Azov-Black Sea Scientific and Fishery Expedition. Iss. 5. Moscow, 1932. 495 p. (in Russian).
- 12. *Matishov G.G.*, *Matishov D.G.*, *Gargopa Ju.M.* Climatogenic changes of ecosystems of the southern seas in the conditions of anthropogenic impacts. Proceedings of the RAS. Geographical series, 2008. No 3. P. 26–34 (in Russian).
- 13. *Matishov G.G.*, *Matishov D.G.*, *Gargopa Yu.M.*, *Dashkevich L.V.* The freezing of the Sea of Azov and climate at the beginning of the XXI century. Bulletin of the Southern Scientific Center of RAS, 2010. V. 6. No 1. P. 33–40 (in Russian).
- 14. Matishov G., Matishov D., Gargopa Yu., Dashkevich L., Berdnikov S., Kulygin V., Archipova O., Chikin A., Shabas I., Baranova O., Smolyar I. Climatic Atlas of the Sea of Azov 2008. International Ocean Atlas and Information Series. V. 11. OAA Atlas NESDIS 65. Washington: U.S. Government Printing Office, 2008. 148 p.

УДК: 004.9:528.94 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-121-132

Н.Г. Ивлиева<sup>1</sup>, В.Ф. Манухов<sup>2</sup>, Р.Б. Шайкунова<sup>3</sup>

# ОБ ОПЫТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

## **АННОТАЦИЯ**

Актуальность климатических исследований связана с происходящим в настоящее время глобальным потеплением климата, необходимостью выявления пространственновременных особенностей изменений температурного режима и уточнения проявления его аномалий на той или иной территории.

В работе для анализа были выбраны три 30-летних периода с шагом в 10 лет, а также более короткий временной отрезок – 1991–2015 годы. В проведённом нами исследовании основными источниками служили интернет-архивы климатических данных. В качестве программного обеспечения использовался ГИС-пакет ArcGIS 10, который располагает большим набором инструментов для геоинформационного моделирования и картографической визуализации результатов. Для пространственно-временного анализа и построения изолинейных карт температуры применялись цифровые модели поверхностей. Представлены карты среднегодовой температуры воздуха европейской территории России, построенные на основе интерполяции методом кригинга. Для показа и сравнения общей тенденции в разные периоды наблюдений использовался метод полиномиальной регрессии (тренд). Чтобы проследить динамику среднегодовой температуры с 1961 по 2015 годы по всем метеостанциям, из норм последующего периода вычитались нормы предыдущего периода. По этим данным проведена интерполяция и составлены карты разностей норм и аномалий, построенные в одинаковой шкале, что позволяет зрительно сравнивать исследуемые временные промежутки. Отчётливо определяются области, более подверженные изменениям климата, и территории с менее выраженными изменениями. Показано, что для оперативного анализа можно использовать готовые специально подготовленные сеточные данные различных проектов.

Приведённые в работе примеры использования ГИС-технологий для моделирования пространственного варьирования изменений среднегодовой температуры воздуха на европейской части России наглядно показывают отдельные возможности программных продуктов для реализации современных подходов к исследованию проявлений глобального потепления климата.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ГИС-технологии, пространственный анализ, методы интерполяции

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия, *e-mail*: **gkg mrsu@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия, *e-mail*: **gkg mrsu@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия, *e-mail*: reginashajkunova@yandex.ru

# Natalia G. Ivlieva<sup>1</sup>, Vladimir F. Manukhov<sup>2</sup>, Regina B. Shaykunova<sup>3</sup>

# ABOUT THE EXPERIENCE OF GIS TECHNOLOGIES APPLICATION FOR THE STUDY OF CHANGES OF THE MEAN ANNUAL AIR TEMPERATURE ON THE TERRITORY OF THE EUROPEAN PART OF RUSSIA

#### **ABSTRACT**

The relevance of climate research is related to the current global warming of the climate and the need to identify spatiotemporal features of changes in the temperature regime and to clarify the manifestation of anomalies in the territory.

To conduct the analysis, we have chosen three 30-year periods with a step of 10 years and a shorter time interval – from 1991 to 2015. In our study, the main sources were the online archives of climate data. The initial data was mathematically processed in Microsoft Excel: the average annual temperature values were calculated, then the average for the observation period (norms). ArcGIS 10 GIS package was chosen for spatial-temporal analysis and mapping of climate changes which has a large set of tools for geoinformation modeling and cartographic visualization of the results. For the space-time analysis and the construction of isoline temperature maps, digital surface models were used. Maps of the average annual air temperature of the European territory of Russia constructed on the basis of kriging interpolation are presented. To demonstrate and compare the general trend in different observation periods, the method of polynomial regression (trend) was used. In order to trace the dynamics of the average annual temperature from 1961 to 2015 for all meteorological stations the norms of the previous period were subtracted from the norms of the subsequent period, interpolation was carried out from these data and maps of differences in norms and anomalies were constructed in the same scale which makes it possible to compare investigated time intervals visually. Marked are the areas that are more prone to climate change and the territory with less pronounced changes. It is shown that for ready-made analysis it is possible to use ready-made specially prepared grid data of various projects.

The examples of the use of GIS-technologies for modeling the spatial variation of the changes in the average annual air temperature in the European part illustrate certain capabilities of software products for implementing modern approaches to the study of the manifestation of global warming.

**KEYWORDS:** GIS-technologies, spatial analysis, methods of interpolation

## **ВВЕДЕНИЕ**

В целях выявления пространственно-временных особенностей изменений температурного режима на той или иной территории используются активно геоинформационные инструментом технологии, являюшиеся мошным геопространственного анализа распределения значений климатологических параметров. На основе математико-картографического моделирования составляются тематические карты.

Ранее осуществлено картографирование изменений температурного режима на Европейской территории России (ЕТР) за разные временные периоды; подробно рассмотрено применение методов геостатистической интерполяции данных (кригинга) и

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya Str., 68, 4300005, Saransk, Russia, e-mail: gkg mrsu@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya Str., 68, 4300005, Saransk, Russia, e-mail: gkg mrsu@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> National Research Ogarev Mordovia State University, Bolshevistskaya Str., 68, 4300005, Saransk, Russia, e-mail: reginashajkunova@yandex.ru

географической интерполяции [Божилина и др., 2014; 2016]. Проводятся исследования региональных проявлений изменения климата в пределах отдельных частей ЕТР. Так, тенденции изменения температуры воздуха выявлены на территории Приволжского федерального округа [Важнова, Верещагин, 2014; Perevedentsev et al., 2014], в зоне широколиственных лесов правобережья Волги [Ивлиева, Хлевина, 2008; Ивлиева и др., 2013] и др.

Климатическая обстановка изменчива во времени, и часто требуются оперативная обработка больших массивов данных, проведение пространственно-временного анализа, отображение полученных результатов. В связи с этим в современных климатических исследованиях особая роль отводится использованию ГИС-технологий. Программное обеспечение ГИС предоставляет возможность выполнения пространственного анализа и математико-картографического моделирования. В данной работе проводилось геоинформационное моделирование изменений среднегодовой температуры воздуха на ЕТР за несколько периодов метеонаблюдений.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Одним из наиболее очевидных, несмотря на его простоту, показателем климатических изменений является изменение климатических норм, вычисленных за последовательные периоды времени [Коршунова, Швець, 2014]. Согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации (ВМО) под климатическими нормами понимаются средние величины, вычисленные для однородного и сравнительно длительного периода времени, охватывающего по крайней мере три последовательных десятилетних периода.

В соответствии с новыми «Руководящими указаниями ВМО по расчёту климатических норм» (2017 год) климатологические стандартные нормы определяются по последнему 30-летнему периоду, завершающемуся годом, кончающимся цифрой 0. Для оценки оперативных изменений климата каждые 10 лет нормы будут пересчитываться. В настоящее время базовым является период 1981—2010 годов. Именно по отношению к рассчитанным для этого временного отрезка климатическим «нормам» говорят об аномалиях. Ранее используемый ВМО в качестве «базовых норм» период с 1961 по 1990 годы сохранён как стандартный опорный период для долгосрочной оценки изменения климата. Общая рекомендация заключается в использовании 30-летних базисных периодов.

В работе для анализа были выбраны три 30-летних периода с шагом в 10 лет: 1961—1990 годы, 1971—2000 годы, 1981—2010 годы, а также для того, чтобы учесть актуальную информацию в связи с быстрыми темпами изменения климата, более короткий временной отрезок — 1991—2015 годы. В проведённом нами исследовании основными источниками служили интернет-архивы климатических данных.

Ведущим российским государственным научно-исследовательским и производственным центром в области гидрометеорологии является Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации — Мировой центр данных (ВНИИ ГМИ—МЦД), который расположен в городе Обнинске Калужской области. Доступные базы данных включают основные климатические параметры, такие как температура воздуха, атмосферные осадки, параметры свободной атмосферы и другие, определённые на основе требований Глобальной системы наблюдений за климатом (ГСНК). Здесь содержатся ежедневные данные с метеорологических станций, расположенных на территории бывшего СССР, с 1880 года по настоящее время. Их перечень включает станции ГСНК и реперные метеорологические станции Росгидромета. Доступ к климатическим массивам данных осуществляется через Интернет. С сайта http://aisori.meteo.ru/ClimateR были получены необходимые выборки данных по 223 метеостанциям Европейской части России в текстовом формате.

Так как интернет-сайт ВНИИ ГМИ-МЦД предоставляет климатическую информацию по месяцам только для станций Росгидромета, для поиска необходимой информации по

метеостанциям прилегающих стран были использованы другие интернет-источники: сайты www.ncdc.noaa.gov, www.metoffice.gov.uk, «Термограф», «Погодные сервисы». Была собрана информация с 1961 по 2015 годы по отдельным метеостанциям Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Латвии, Литвы, Эстонии, Норвегии, Украины и Финляндии.

Для статистической обработки метеорологических данных применялась программа MS Excel. Готовые данные о среднегодовой температуре воздуха даны преимущественно по отдельным метеостанциям за 1961–1990 годы. Основными климатологическими параметрами термического режима являются среднемесячные значения максимальных, минимальных и среднесуточных температур. Они чаще всего доступны на интернет-сайтах с климатическими данными, поэтому были положены в основу формирования базы данных по среднегодовой температуре воздуха за исследуемые периоды. В Microsoft Excel проведена математическая обработка исходных данных: вычислены среднегодовые значения температур, затем средние за период наблюдения (нормы).

Многолетние ряды среднемесячных температур воздуха по каждой метеостанции были проанализированы на наличие отсутствующих значений. Часть обнаруженных пропусков наблюдений была восстановлена с помощью метода линейной регрессии. Если за какой-либо год месячные данные отсутствовали или было много пропусков, то средняя многолетняя величина вычислялась как среднее из всех достоверных годовых значений в течение рассматриваемого периода. Согласно рекомендациям ВМО во многих случаях средние многолетние значения можно рассчитывать, когда имеются данные не менее чем за 80 % лет периода осреднения.

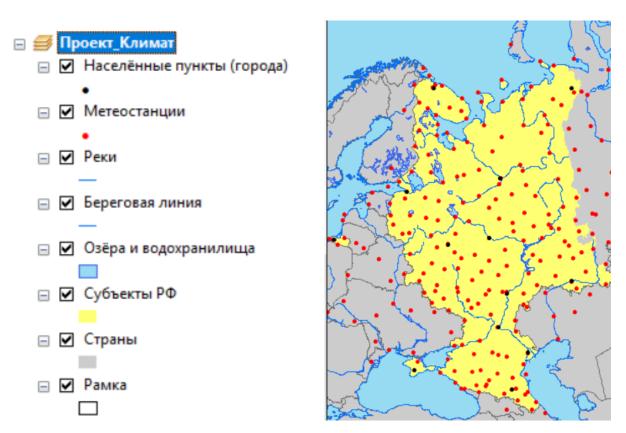


Рис. 1. Визуализация подготовленного точечного слоя метеостанций и географической основы карт Fig. 1. Visualization of prepared point layer of weather stations

Fig. 1. Visualization of prepared point layer of weather stations and geographical base of maps

Для пространственно-временного анализа и картографирования изменений климата была выбран ГИС-пакет ArcGIS 10, который располагает большим набором инструментов для геоинформационного моделирования, картографической визуализации и анализа данных. Доступная функциональность модуля расширения Spatial Analyst позволяет моделировать поверхности географических распределений и решать самые разнообразные пространственные задачи. Одна из функций модуля – интерполяция по дискретно расположенным точкам. Ещё один модуль – Geostatistical Analyst – предоставляет расширенные возможности для интерполирования путём исследования взаимосвязей между значениями исходных точек. При построении поверхностей и оценке ошибок интерполяции алгоритмы, реализованные в модуле Geostatistical Analyst, опираются как на статистические, так и на математические методы.

Для интеграции разнородных материалов в единый проект прежде всего была определена математическая основа. Карты разрабатывались в нормальной равнопромежуточной проекции, была подготовлена их географическая основа (рис. 1). Для удобства практического использования в исследуемую область включены регионы, которые полностью или большей частью своей территории расположены в Европе. Сеть метеостанций имеет относительно равномерное распределение по территории России.

Кроме того, в работе использовались данные реанализа проекта NOAA GHCN CAMS Land Temperature Analysis (www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded).

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Значения многолетней среднегодовой температуры на европейской части России изменяются от -6,2 °C (Амдерма) до 14,2 °C (Сочи). В возвышенных районах Полярного Урала формируются наиболее суровые условия. Глобальное повышение температуры воздуха в настоящее время ни у кого не вызывает сомнения. Наиболее отчётливо эта тенденция начала проявляться после 1976 года. При этом в среднем в период 1976—2012 годов глобальная среднегодовая температура росла со скоростью 0,166 °C/10 лет, а на территории России — со скоростью 0,43 °C/10 лет [Второй..., 2014].

Для пространственно-временного анализа и построения изолинейных карт температуры в работе применялись цифровые модели поверхностей. Следует отметить, что условные поверхности распределения этих климатических характеристик — плавно и постепенно изменяющиеся. Появление современных программных продуктов для интерполяции различных поверхностей дало возможность сравнивать поверхности, оперативно построенные с использованием различных методов интерполяции и соответственно их анализировать.

Общая задача интерполяции по точкам выглядит следующим образом: дан ряд точек, положения и значения которых известны; необходимо определить значения характеристик для других точек, для которых известно только положение. Существует целый ряд методов интерполяции нерегулярно расположенных данных, которые могут использоваться для построения климатических карт. Инструменты модуля Geostatistical Analyst хорошо подходят для оценки статистических характеристик и изменчивости климатических показателей, их значимости, построения моделей поверхностей [Андрейчик, Чупикова, 2012]. С помощью модуля Geostatistical Analyst нами был выполнен анализ исходных данных, который позволил оценить их качество, обнаружить ошибки в расчётах и вводе данных, а также сравнить результаты моделирования различными методами интерполяции. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Методы интерполяции, реализованные в программном продукте ArcGIS, применительно к моделированию температурного режима Европейской территории России, проанализированы в работе Е.А. Божилиной с соавторами [2014]. Самым подходящим признан метод кригинга с гауссовой моделью вариограммы с размером ячейки растра 10 км.

Метод геостатистической интерполяции (кригинг) позволяет пространственное варьирование значений показывать достаточно реалистично. На рис. 2 представлены карты

средней многолетней среднегодовой температуры воздуха, построенные на основе интерполяции методом кригинга. Годовые изотермы на большей части территории направлены с северо-востока на юго-запад, на юге имеют широтный характер. В горных районах картина усложняется – сказывается влияние возвышенного рельефа местности. Сопоставляя карты, можно увидеть различия в распределении значений изучаемого показателя по территории за разные временные периоды. Наибольшие изменения заметны на севере и западе ЕТР. Автоматизированная интерполяция даёт возможность быстро обработать большой массив данных, но не учитывает взаимосвязи климатических показателей с рельефом и другими компонентами природы. Включение в исходный набор данных высокогорных метеостанций Кавказа, таких как Сулак (2 927 м), Клухорский перевал (2 037 м), Шаджатмаз (2 070 м), оказалось лишним, так как локальную картину распределения исследуемого показателя на горной территории смоделировать без дополнительных сведений сложно. Географическая специфика поля температуры обнаруживается и на Урале, а также территориях, находящихся под воздействием морей и Северного Ледовитого океана, крупных озёр и водохранилищ.

Наложение на одной карте изотерм, соответствующих разным периодам наблюдений, наглядно показывает их смещение относительно друг друга, что подтверждает тенденции в изменении климата. Но такая карта перегружена и плохо читается. Поэтому для показа общей тенденции в разные периоды наблюдений применялся метод полиномиальной регрессии (тренд). Метод тренда использует интерполяцию глобального полинома, который строит гладкую поверхность в соответствии с определённой математической функцией входных точек. Данный инструмент создаёт постепенно изменяющуюся поверхность с помощью полиномов низкого порядка. Линейный тренд хорошо описывает направление возрастания температуры на большей части ETP (рис. 3).

При сравнении построенных моделей просматривается постепенное потепление климата на ETP; отчётливо виден сдвиг цветных послойных окрасок градаций среднегодовой температуры на картах, передающих тенденции распределения данных последующих периодов наблюдения. Цветовая гамма послойной окраски — плавный переход от холодных оттенков к тёплым. Чем выше температура, тем теплее цвет.

Далее в работе выполнено пространственное моделирование изменений среднегодовой температуры на ETP с 1961 по 2015 годы как отклонение средних за период 1991–2015 годов от опорных норм (1961–1990 годы). Для визуализации полученного растра в ArcGIS можно использовать методы визуализации — «классификация» или «растяжка», то есть соответственно ступенчатую или непрерывную шкалу. Чтобы проследить динамику среднегодовой температуры с 1961 по 2015 годы по всем метеостанциям, из норм последующего периода вычитались нормы предыдущего периода. На рис. 4 представлены карты разностей норм и аномалий, то есть отклонений средних за период 1991–2015 годов от климатической стандартной нормы (1981–2010 годы), построенные в одинаковой шкале, что позволяет зрительно сравнивать исследуемые временные промежутки. Отчётливо отображены области, более подверженные изменениям климата и территории с менее выраженными изменениями.

Наиболее быстрый рост среднегодовой температуры воздуха наблюдался в 1981–2010 годах; на всех станциях отмечен положительный рост. В последний изучаемый период наблюдается замедление процесса. Анализируя полученные растры, можно заметить, что все они характеризуются достаточно неоднородным полем изменений среднегодовой температуры на ЕТР. Можно заметить общее потепление на севере изучаемой территории. На Кольском полуострове среднегодовая температура с 1961 по 2015 годы выросла на 0,7 °С. Предполагаемые причины потепления связаны с переменами общей циркуляции атмосферы, которые могли привести к более высокой повторяемости выхода на регион более тёплых воздушных масс при общем сохранении их термодинамических свойств [Дёмин и др., 2014].

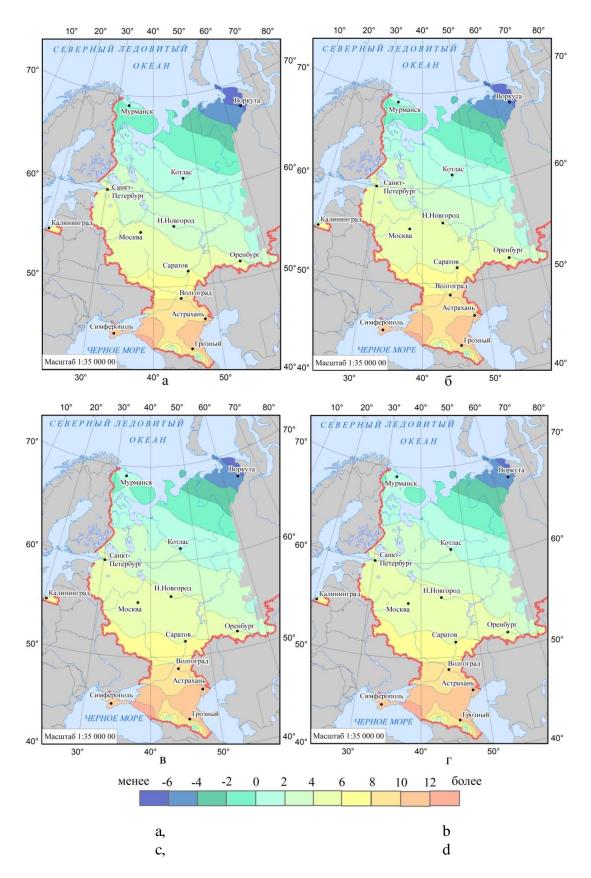


Рис. 2. Среднегодовая температура воздуха за разные периоды, °C а) 1961–1990 годы; б) 1971–2000 годы; в) 1981–2010 годы; г) 1991–2015 годы Fig. 2. Mean annual air temperature for different periods, °C а) 1961–1990; b) 1971–2000; c) 1981–2010; d) 1991–2015

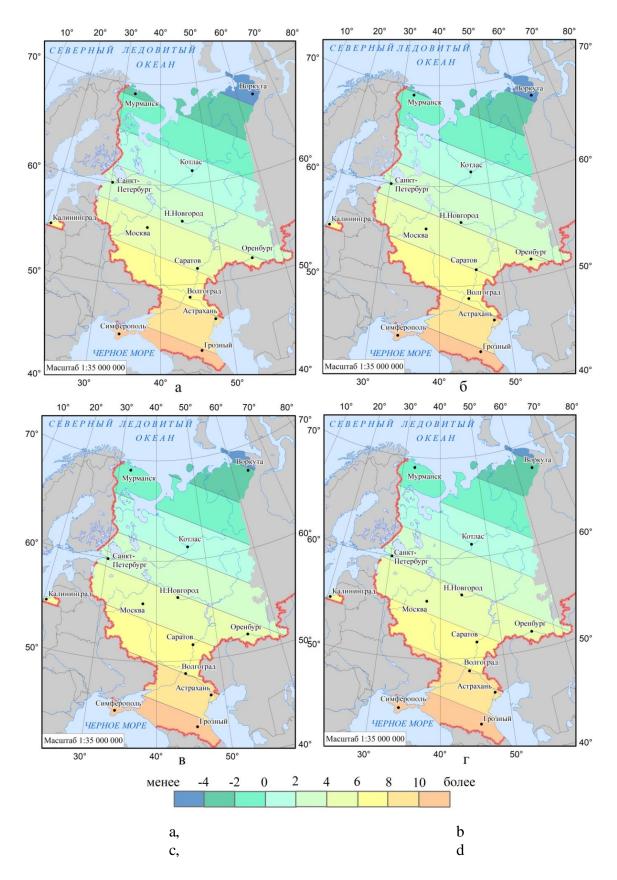
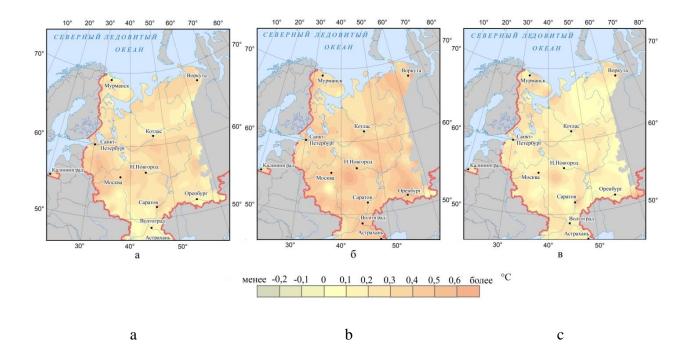


Рис. 3. Среднегодовая температура воздуха за разные периоды, °C: а) 1961–1990 годы; б) 1971–2000 годы; в) 1981–2010 годы; г) 1991–2015 годы Fig. 3. Mean annual air temperature for different periods, °C: а) 1961–1990; b) 1971–2000; c) 1981–2010; d) 1991–2015



Для изучения современных глобальных изменений климата широко применяются специально подготовленные сеточные данные различных проектов. Для оперативного анализа на ETP можно воспользоваться готовыми данными проекта NOAA GHCN CAMS Land Temperature Analysis. Средняя месячная температура приземного воздуха в градусах Кельвина представлена в виде регулярной сети с шагом 0,5°. Имеются данные с 1948 года по настоящее время по всем месяцам. Отдельно есть гриды климатологических стандартных норм средней месячной температуры (1981–2010 годы). Описание исходных данных и методов интерполяции, используемых при создании этого проекта, приведено в статье его авторов [Fan, van den Dool, 2008]. Данные хранятся в формате NetCDF, являющимся открытым стандартом для обмена научными данными. При выводе на экран растрового изображения на ETP с разрешением  $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  хорошо видны ячейки растра. Чтобы получить сглаженную поверхность, можно перейти от растра к узловым точкам и провести интерполяцию значений с меньшим шагом сетки. На рис. 5 продемонстрированы изображения стандартных норм среднегодовой температуры на ETP, полученные по данным GHCN CAMS. Для целей сглаживания поверхностей также применялся инструмент «Фокальная статистика» из набора Spatial Analyst. Значения атрибутов пересчитывались путём осреднения значений соседних ячеек в пределах заданного «скользящего окна» с меньшим шагом.

Изменения среднегодовой температуры воздуха за разные временные отрезки и аномалии температуры можно определить с помощью инструмента «Калькулятор растра» из набора Spatial Analyst.

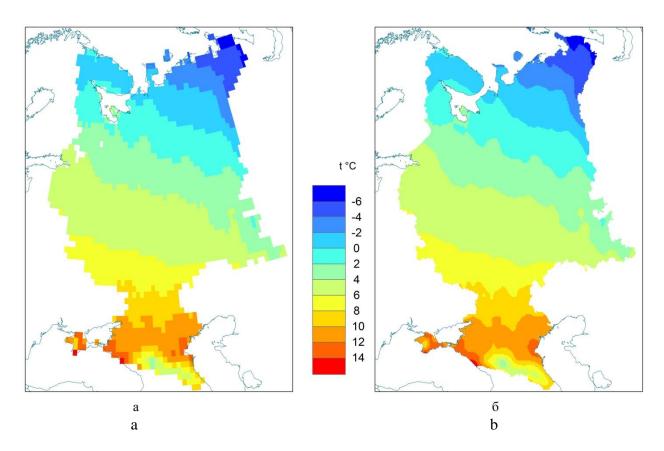


Рис. 5. Картографическая визуализация растров среднегодовой температуры воздуха (1981–2010 годы), созданных разными способами:

а) на основе исходных данных;

б) методом интерполяции по узловым точкам сетки с шагом 10 км Fig. 5. Cartographic visualization of rasters of mean annual air temperature (1981–2010) created in different ways:

a) based on the initial data;

b) by interpolation using grid nodes with a step of 10 km

## выводы

В последнее время геоинформационные технологии стали для климатологии необходимым инструментом научных исследований и решения профессиональных задач. Программное обеспечение большинства ГИС-пакетов предоставляет возможность обработки и анализа пространственной информации, создания картографических баз данных в целях картографо-геоинформационного обеспечения научно-исследовательских проектов. Важно заметить, что при рассмотрении в работе способов автоматизированного моделирования изменений среднегодовой температуры на ЕТР не учитывались рельеф поверхности, циркуляция атмосферы, наличие водоёмов и др.

Автоматизированные методы интерполяции позволяют оперативно по данным метеорологических станций построить пространственно-временные модели основных характеристик климата, оценить качество исходных данных и полученных результатов, что важно в условиях современного глобального потепления. Поскольку каждые 10 лет стандартные нормы будут пересчитываться (и в скором будущем они будут применяться к периоду 1991–2020 годов), то становится, несомненно, важным применение ГИС-технологий для оценки оперативных пространственно-временных изменений климатологических параметров на локальном, региональном и глобальном уровнях. Приведённые в работе примеры использования ГИС-технологий для моделирования пространственного варьирования изменений среднегодовой температуры воздуха на Европейской части России наглядно

показывают отдельные возможности программных продуктов для реализации современных подходов к исследованию проявлений глобального потепления климата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Андрейчик М.Ф., Чупикова С.А. Использование ГИС-технологий при разработке электронных карт распределения атмосферных осадков Тувинской горной области. Интерэкспо Гео-Сибирь, 2012. Т. 3. С. 166-170.
- 2. *Божилина Е.А.*, *Сорокина В.Н.*, *Салихова Н.З*. Картографирование изменений температурного режима на Европейской территории России за разные временные периоды (1881—1935 гг. и 1961—1990 гг.). Геодезия и картография, 2014. № 2. С. 27—35. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-884-2-27-35.
- 3. *Божилина Е.А.*, *Сорокина В.Н.*, *Торопов П.А.*, *Васильев П.В.* Картографирование температурных аномалий за период 1991–2010 гг. на Европейской территории России. Геодезия и картография, 2016. № 7. С. 15–24. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-913-7-15-24.
- 4. *Важнова Н.А.*, *Верещагин М.А*. О многолетней динамике приземного термического режима на территории Приволжского федерального округа (ПФО) во второй половине XX и в начале XXI столетия. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле, 2014. № 1. С. 112–121.
- 5. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Издательство Росгидромета, 2014. 61 с.
- 6. Дёмин В.И., Священников П.Н., Иванов Б.В. Изменения крупномасштабной циркуляции атмосферы и современное потепление климата на Кольском полуострове. Вестник Кольского научного центра РАН, 2014. № 2 (17). С. 101–105.
- 7. Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., Хлевина С.Е. Пространственно-временной анализ изменения климата в зоне широколиственных лесов правобережья Волги. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Международной конференции, Курск, Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г. Курск, 2013. Т. 19. С. 62-68. DOI:10.24057/2414-9179-2013-1-19-62-68.
- 8. *Ивлиева Н.Г., Хлевина С.Е.* Применение геоинформационного моделирования для пространственно-временного анализа изменения климата в зоне широколиственных лесов правобережья Волги. Вестник Мордовского университета, 2008. № 1. С. 100–105.
- 9. Коршунова Н.Н., Швець Н.В. Изменение норм основных климатических параметров на территории России за последние десятилетия. Труды ВНИИГМИ-МЦД (Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации Мировой Центр Данных), 2014. Вып. 178. Электронный ресурс: http://meteo.ru/component/content/article/126-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-178-2014-g/526-izmenenie-norm-osnovnykh-klimaticheskikh-parametrov-naterritorii-rossii-za-poslednie-desyatiletiya (дата обращения 21.09.2018).
- 10. Fan Y., van den Dool H. A global monthly land surface air temperature analysis for 1948–present. Journal of Geophysical Research, 2008. V. 113. Iss. D1. D01103. DOI:10.1029/2007JD008470.
- 11. *Perevedentsev Y.P.*, *Shantalinskii K.M.*, *Vazhnova N.A.* Spatiotemporal variations of major parameters of temperature and humidity regime in the Volga federal district. Russian Meteorology and Hydrology, 2014. V. 39. Iss. 4. P. 228–239.

#### **REFERENCES**

- 1. *Andreichik M.F.*, *Chupikova S.A.* The usage of GIS technologies in the creation of electronic maps of the distribution of precipitation in the Tuva mountain region. Interexpo Geo-Sibir, 2012. V. 3. P. 166–170 (in Russian).
- 2. *Bozhilina E.A.*, *Sorokina V.N.*, *Salikhova N.Z.* Mapping of temperature changes in the European territory of Russia for different time periods (1881–1935 and 1961–1990). Geodesy and cartography, 2014. No 2. P. 27–35. DOI: 10.22389/0016-7126-2014-884-2-27-35 (in Russian).

- 3. *Bozhilina E.A.*, *Sorokina V.N.*, *Toropov P.A.*, *Vasilev P.V.* Mapping temperature anomalies for the period 1991–2010 years in the European territory of Russia. Geodesy and Cartography, 2016. No 7. P. 15–24. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-913-7-15-24 (in Russian).
- 4. *Demin V.I.*, *Sviashchennikov P.N.*, *Ivanov B.V.* Long-term variations of large-scale atmosphere circulation and the modern climate warming at the Kola Peninsula. Bulletin of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, 2014. No 2 (17). P. 101–105 (in Russian).
- 5. Fan Y., van den Dool H. A global monthly land surface air temperature analysis for 1948–present. Journal of Geophysical Research, 2008. V. 113. Iss. D1. D01103. DOI:10.1029/2007JD008470.
- 6. *Ivlieva N.G*, *Khlevina S.E*. Application of geoinformation modeling for spatiotemporal analysis of climate change in the zone of the broad-leaved woods of the Volga river right-bank. Mordovia University Bulletin, 2008. No 1. P. 100–105 (in Russian).
- 7. *Ivlieva N.G.*, *Manukhov V.F.*, *Khlevina S.E.* The spatio-temporal analysis of the climate changing in the zone of the broad-leaved woods of the Volga river right-bank. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Kursk, Bogota (Colombia), February 2–7, 2013. Kursk, 2013. V. 19. P. 62–68. DOI:10.24057/2414-9179-2013-1-19-62-68 (in Russian, abs English).
- 8. Korshunova N.N, Shvets N.V. Change in the normals of the main climatic parameters on the territory of Russia over the last decennary. Proceedings of All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information World Data Center, 2014. Iss. 178. Web resource: http://meteo.ru/component/content/article/126-trudy-vniigmi/trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-178-2014-g/526-izmenenie-norm-osnovnykh-klimaticheskikh-parametrov-na-territorii-rossii-za-posledniedesyatiletiya (accessed 21.09.2018) (in Russian).
- 9. *Perevedentsev Y.P.*, *Shantalinskii K.M.*, *Vazhnova N.A.* Spatiotemporal variations of major parameters of temperature and humidity regime in the Volga federal district. Russian Meteorology and Hydrology, 2014. V. 39. Iss. 4. P. 228–239.
- 10. Second Roshydromet Assessment Report on Climate Change and its Consequences in Russian Federation. Moscow: Roshydromet, 2014. 61 p. (in Russian).
- 11. *Vazhnova N.A.*, *Vereshchagin M.A.* The long-term dynamics of the surface of the thermal regime on the territory of the Volga Federal District (VFD) in the second half of XXth and the beginning of XXIth century. Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences, 2014. No 1. P. 112–121 (in Russian).

УДК: 504.05 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-133-145

О.П. Калинка<sup>1</sup>, А.Н. Карнатов<sup>2</sup>

# ГИС-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КАРТ УЯЗВИМОСТИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ И ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ БЕРЕГОВ К НЕФТЯНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье описывается процесс создания карт экологической уязвимости морских акваторий и чувствительности берегов к нефтяному загрязнению. Интегральная экологическая уязвимость исследуемого района моря рассчитывается как результат «суммирования» карт сезонного распределения наиболее значимых компонентов экосистемы с учётом потенциального воздействия нефти на биоту, её чувствительности к воздействию нефти и способности к восстановлению. Степень чувствительности берегов определяется в соответствии с системой индексов чувствительности среды ESI. Данная система характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению, отражая связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег, а также учитывает трудности последующей его очистки. В работах с большими объёмами разнородных данных, аккумулированных в картах различного назначения, содержания и масштаба, возникает необходимость обрабатывать и интерпретировать такие данные, для чего применялся ГИС-ориентированный подход.

Разработанные карты уязвимости крайне необходимы при планировании операций по ликвидации разливов нефти (ЛРН) и других природоохранных мероприятий и могут способствовать принятию обоснованных и оперативных решений. Морские экосистемы северных широт особенно уязвимы к нефтяному загрязнению, поэтому аварийные разливы, в особенности крупномасштабные, будут иметь здесь катастрофические последствия. Поэтому особенно актуально наличие таких карт в Арктическом регионе, где ведётся добыча и активно развивается транспортировка нефти и нефтепродуктов по Северному Морскому Пути (СМП), создавая повышенные риски аварийных разливов. Представленные карты акваторий северо-западного сектора Арктики показывают наиболее уязвимые и чувствительные к нефти прибрежно-морские районы при возможных потенциальных разливах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ГИС-технологии, карты уязвимости, ликвидация нефтяного загрязнения

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, ул. Владимирская, д. 17, 183010, Мурманск, Россия, *e-mail:* kalinka@mmbi.info

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, ул. Владимирская, д. 17, 183010, Мурманск, Россия *e-mail:* **karnatov@mmbi.info** 

# Olga P. Kalinka<sup>1</sup>, Andrey N. Karnatov<sup>2</sup>

# GIS TECHNOLOGIES IN DEVELOPING THE MAPS OF VULNERABILITIES OF SEA AQUATORIES AND SENSITIVITY OF THE COASTS TO OIL POLLUTION

#### **ABSTRACT**

The article describes the process of mapping of water area vulnerability and the sensitivity of the coast for oil pollution. The integral ecological vulnerability of the sea area under study is calculated as a result of "summing up" maps of seasonal distribution of the most important components of the ecosystem, taking into account the potential impact of oil on biota, its sensitivity to oil and its ability to recover. The degree of coastal sensitivity is determined in accordance with the system of environmental sensitivity indices ESI. This system characterizes the integral susceptibility of the coast to oil pollution, reflecting the connection between the composition, structure of the coast and the physical processes occurring when oil enters the shore, and also takes into account the difficulties of its subsequent purification. In the work with large volumes of heterogeneous data accumulated in maps of different purposes, content and scale, there is a need to process and interpret such data, which used a GIS-oriented approach.

The developed vulnerability maps are essential in planning oil spill response operations and other environmental activities and can facilitate informed and operational decisions. The marine ecosystems of the Northern latitudes are particularly vulnerable to oil pollution, so accidental spills, especially large-scale ones, will have catastrophic consequences here. It is therefore particularly important the existence of such maps in the Arctic region where active mining and is actively developing the transportation of oil and oil products through the Northern Sea Route, creating increased risks of accidental spills. The presented maps of the waters of the North-Western sector of the Arctic show the most vulnerable and oil-sensitive coastal and marine areas with possible potential spills.

**KEYWORDS:** GIS-technology, vulnerability maps, oil pollution, oil spill response

# **ВВЕДЕНИЕ**

Геоинформационные системы (ГИС) в настоящее время становятся неотъемлемой частью исследований в различных сферах науки, позволяя объединять операции работы с базами атрибутивных данных, их обработку и статистический анализ, с преимуществами полноценной пространственной визуализации, которые предоставляет карта. Современное программное обеспечение делает возможным оперативно обрабатывать и интерпретировать большие объёмы разнородных данных, аккумулированных в картах различного назначения, содержания и масштаба. Поэтому именно ГИС-подход был выбран для решения практической задачи, связанной с картографированием уязвимости прибрежно-морских акваторий для воздействия нефти. Использование подобного рода карт даёт как возможность более эффективно и с минимизацией ущерба для окружающей среды планировать операции по ликвидации разливов нефти, так и проводить их «на местах», наглядно показывая, какие районы в первую очередь необходимо защищать. Особенно актуально наличие таких карт в Арктическом регионе, где ведётся добыча и активно развивается транспортировка нефти и нефтепродуктов по Северному Морскому Пути, создавая повышенные риски аварийных разливов. В свою очередь, морские экосистемы северных широт особенно уязвимы для

134

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Murmansk marine biological institute, Vladimirskaya str., 17, 183010, Murmansk, Russia, *e-mail:* kalinka@mmbi.info

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Murmansk marine biological institute, Vladimirskaya str., 17, 183010, Murmansk, Russia, *e-mail:* karnatov@mmbi.info

нефтяного загрязнения, поэтому аварийные разливы, в особенности крупномасштабные, будут иметь здесь катастрофические последствия.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе рекомендаций международных организаций [IPIECA..., 2012], проведённого анализа существующих российских [Погребов, 2010; Новиков, 2006; Блиновская, 2004;] и зарубежных подходов к оценке чувствительности и уязвимости прибрежно-морских зон для нефтяного загрязнения [SFT, 1996; Offringa, Lahr, 2007; BRISK..., 2009], а также собственного опыта авторов и их коллег [Шавыкин и др., 2008; 2017; Калинка и др., 2012; Шавыкин, Ильин, 2010] был разработан алгоритм и построены карты экологической уязвимости ряда акваторий арктических морей и чувствительности некоторых побережий.

В качестве инструмента для расчёта экологической уязвимости в среде ArcGIS на языке программирования Visual Basic for Applications был создан программный модуль, позволяющий производить «суммирование» карт распределения биотических компонентов с учетом их коэффициентов уязвимости. Основные этапы использования ГИС-технологий (ArcGIS) при построении карт уязвимости можно представить следующим образом:

- 1) На основе топографических и морских навигационных карт, лоций, аэрофотосним-ков, спутниковых снимков, имеющейся ГИС-информации подготавливается необходимый цифровой материал соответствующего масштаба (детальный контур береговой линии, контуры изобат и другой). С использованием материалов оцифровки топографических и батиметрических данных готовится базовая топографическая картосхема исследуемого района. Все данные, представленные на таких картах, сохраняются в формате \*.shp. Все представляемые далее картосхемы уязвимости строятся с использованием подготовленной топографической основы исследуемого района.
- 2) Готовится цифровое описание распределения биоты картографируемого района (оцифровка распределения исходных данных с занесением информации в атрибутивные поля) на основе результатов экспедиционных работ, фондовых данных или доступных опубликованных материалов, представленных специалистами соответствующего профиля. Данные на исходных картосхемах представляются экспертно в рангах и также сохраняются в формате \*.shp.
- 3) Рассчитываются карты интегральной уязвимости акватории на основе карт распределения биотических компонентов и коэффициентов их уязвимости.
- 4) Итоговые карты интегральной уязвимости показывают в градуированных цветах, разбивая диапазоны полученных значений на поддиапазоны, используя классификацию методом равных интервалов, как наиболее оптимальный вариант отображения данных, где акцентируется внимание на величине значения атрибута относительно других значений. В зависимости от целей применения карт строятся карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости.

Карты «относительной» уязвимости разрабатываются для планирования операций по ликвидации разливов нефти в случае аварийных ситуаций. Такие карты показывают уязвимость отдельных участков в каждый конкретный сезон, где для каждого сезона будет свой диапазон уязвимости.

Карты «абсолютной» уязвимости необходимы в первую очередь для природоохранных и научных целей. Они показывают, как меняется уязвимость отдельных районов или акватории в целом от сезона к сезону и позволяет сравнивать участки в разные сезоны, так как диапазон значений уязвимости для каждого сезона приводится к единой шкале уязвимости за год.

5) Строятся карты расположения особо значимых социально-экономических и экологических объектов и природоохранных территорий, которые накладываются на итоговые карты интегральной уязвимости.

6) Подготавливаются карты чувствительности береговой линии по индексу ESI. Чувствительность берегов определяется по фотоснимкам исследуемого района. Время на фотокамере и GPS-приёмнике синхронизируется, что позволяет получить координаты точек съёмки. Их фиксация при дальнейшей камеральной обработке даёт возможность проецировать снимки к положению на карте в ArcGIS и идентифицировать тип берега по индексу ESI.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Активная хозяйственная деятельность по освоению шельфа Арктики, в том числе разработка нефтегазовых месторождений, транспортировка нефти и нефтепродуктов из портов, расположенных на побережье морей Арктического региона требует серьёзного отношения к вопросам экологической безопасности в этом регионе. Одно из направлений в данном вопросе — это разработка планов ликвидации разливов нефти. Однако проблемы, связанные с ЛРН в морских условиях, многоплановы и обширны [Патин, 2001; 2008; Мансуров, 2013]. При подобных операциях важны карты экологической уязвимости прибрежных и морских акваторий для нефтяного загрязнения, которые наглядно показывают, какие районы требуют приоритетной защиты при аварийных ситуациях. Адекватно спланированные мероприятия по ЛРН на начальных стадиях могут если не предотвратить, то значительно снизить ущерб от негативного воздействия нефти. ММБИ уже долгое время занимается подобными работами, связанными с нефтегазовой отраслью, и за это время накопил собственный опыт в плане разработки и построения карт уязвимости для нефтяного загрязнения. В этом направлении огромную роль в построении таких карт играют ГИС-технологии.

За последние несколько лет ММБИ принимал участие в нескольких проектах, хоздоговорах и грантах, основными результатами которых должны были быть карты уязвимости морских акваторий и чувствительности берегов к воздействию нефти. Так, в 2006—2009 годах ММБИ для Баренцевоморского обособленного подразделения Всемирного фонда дикой природы (WWF-Россия) были выполнены исследования по оценке интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения [Шавыкин, Ильин, 2010].

Как результат этих работ, были представлены сезонные карты уязвимости Баренцева моря и для каждого из сезонов года определены акватории, которые необходимо защищать. В основном таковыми являются прибрежные акватории (чем выше ранг, тем более уязвим район; рис. 1).

Оценка уязвимости акватории Баренцева моря (в основном российской экономической зоны) от возможных разливов нефти дана с учётом самых общих подходов, которые предусматривают описание распределения биоты в Баренцевом море по сезонам, оценку уязвимости отдельных компонентов экосистемы моря от нефти и на этой основе расчёт уязвимости акватории Баренцева моря.

В соответствии с аналогичным алгоритмом в 2010 году по проекту «Совершенствование системы реагирования на аварийные разливы нефти и нефтепродуктов в арктических условиях для защиты особо чувствительных к нефтепродуктам прибрежных районов (на примере Баренцева и Белого морей)» были рассчитаны карты уязвимости для акватории Белого моря [Ramboll Barents ..., 2010] (рис. 2).

В рамках проекта стратегической экологической оценки территорий при освоении Северо-Западного сектора Арктики (СЗСА) в рамках хоздоговора с ООО «Питер Газ» проводилось картографирование уязвимости акватории Баренцева и Карского морей для разливов нефти (рис. 3). Эти картосхемы были выполнены в масштабе 1:7 500 000 [Калинка и др., 2012], что позволяет их использовать только как стратегические карты для общего планирования ликвидации нефтеразливов, поскольку они непосредственно на месте не могут дать ликвидаторам развёрнутого представления об уязвимости конкретных участков акваторий в случае аварии.

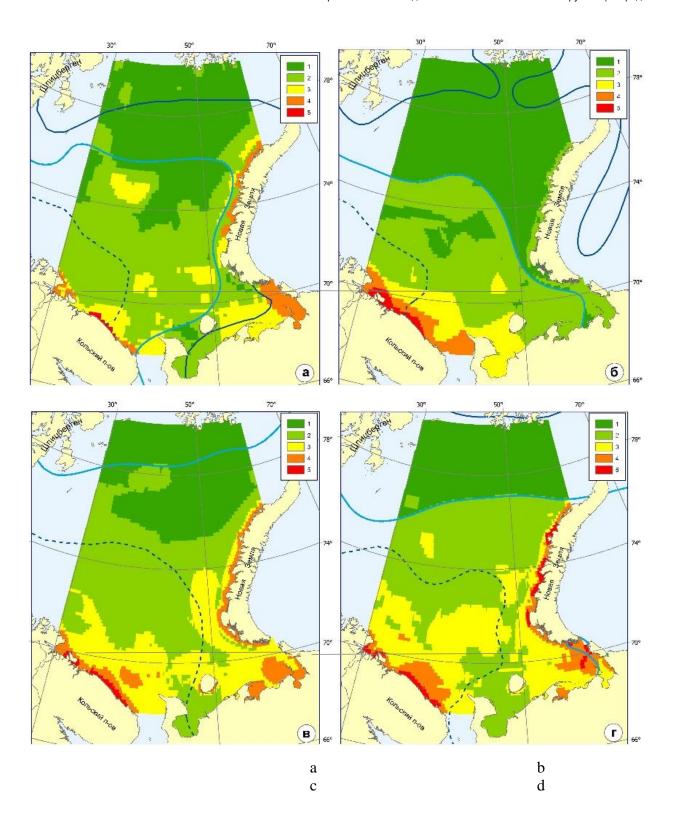


Рис. 1. Карты «относительной» интегральной уязвимости Баренцева моря по сезонам

(а – зима; б – весна; в – лето; г – осень)
Fig. 1. Map of "relative" integral vulnerability to oil of the Barents Sea by seasons (a – winter; b – spring; c – summer; d – autumn)

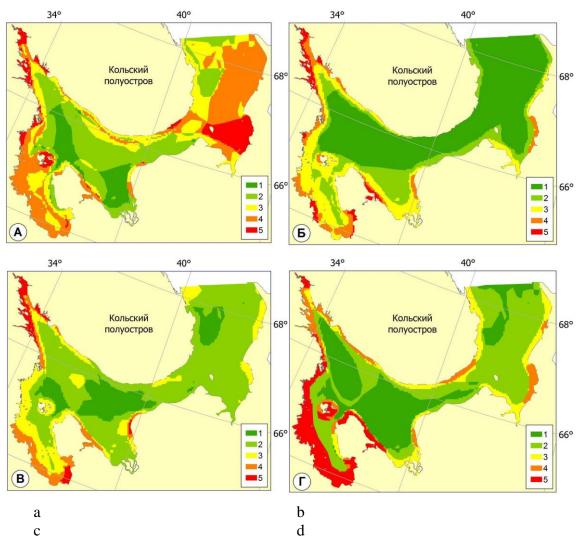


Рис. 2. Карты «относительной» интегральной уязвимости Белого моря по сезонам (а – зима; б – весна; в – лето; г – осень)

Fig. 2. Map of "relative" integral vulnerability to oil of the White Sea by seasons (a - winter; 6 - spring; c - summer; d - autumn)

В настоящее время в Институте ведутся работы по совершенствованию методики построения карт уязвимости прибрежно-морских акваторий [Shavykin et al., 2015; Шавыкин и др., 2017]. В качестве пилотного района для отработки этой методики выбран Кольский залив, как наиболее изученный и обеспеченный необходимыми исходными биогеоданными. Вместе с тем здесь постоянно растет количество проектов, реализуемых и планируемых, так или иначе связанных с нефтегазовой отраслью; всё это в конечном итоге создаёт повышенные риски нефтяного загрязнения. Следует отметить также, что особенно значительный ущерб и пагубное воздействие наблюдаются прежде всего в прибрежной и береговой зонах.

Основные модификации методики состоят главным образом в работе с исходными данными и коэффициентами уязвимости. Безранговый подход применяется в следующих случаях:

1) При построении карт распределения биоты. На картосхемы наносятся данные в единицах измерения, принятых для конкретной группы биоты (г/м² для зообентоса; экз/км² для птиц и так далее). Используя стандартные функции ArcGIS, определяют площади полигонов распределения основных биотических компонентов с заданными значениями плотностей и вычисляют численность или биомассу для каждого компонента биоты.

- 2) Вводится процедура «нормировки» для последующего корректного сложения карт компонентов биоты между собой, то есть исходные данные переводятся в единые (относительные) единицы измерения. Значения полигонов пространственного распределения отдельных компонентов биоты нормируются на обилие соответствующей группы за год (то есть значения плотности каждого полигона делятся на среднегодовую численность или биомассу). Таким образом, получаются распределения нормированных значений плотности обилия биоты в картографируемом районе.
- 3) Коэффициенты уязвимости для учитываемых групп биоты рассчитываются в рамках метрической шкалы, то есть параметры, определяющие уязвимость, выражаются в абсолютных единицах.
- 4) Для особо значимых объектов и природоохранных территорий также строятся нормированные карты их пространственного расположения.
- 5) С учётом коэффициентов уязвимости и карт распределения биотических и абиотических компонентов с помощью программного модуля, позволяющего производить «суммирование», рассчитываются итоговые карты интегральной уязвимости.

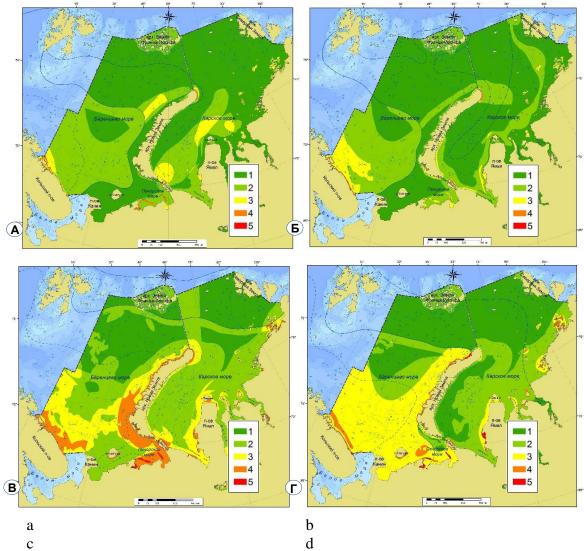


Рис. 3. Карты «относительной» интегральной уязвимости Северо-Западного сектора Арктики по сезонам (а – зима; б – весна; в – лето; г – осень)

Fig. 3. Map of "relative" integral vulnerability to oil of the North-Western sector of the Arctic by seasons (a – winter; b – spring; c – summer; d – autumn)

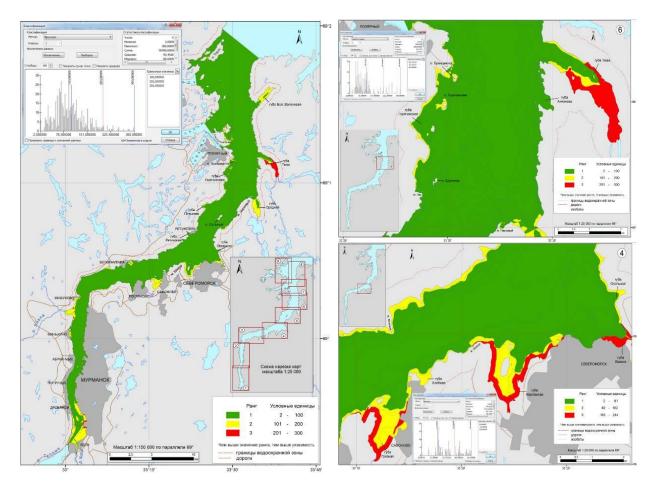


Рис. 4. Примеры карт «относительной» интегральной уязвимости для нефтяного загрязнения Кольского залива по сезонам Fig. 4. Examples of maps of "relative" integral vulnerability to oil pollution of the Kola Bay by seasons

В результате для Кольского залива были построены сезонные карты уязвимости для нефтяного загрязнения в двух масштабах (рис. 4). Карты масштаба 1:150 000 служат для общего планирования операций по ЛРН и их последствий. Карты более крупного масштаба (1:25 000) необходимы непосредственно ликвидаторам на местах для борьбы с нефтезагрязнением.

Карты чувствительности берегов (рис. 5) также выполнены разномасштабными в соответствии с системой индексов ESI [Gundlach, Hayes, 1978], рекомендуемой международными организациями [IPIECA..., 2012]. Данная система характеризует интегральную восприимчивость побережья к нефтяному загрязнению по шкале от 1 до 10, отражая связь между строением, структурой берега и физическими процессами, происходящими при попадании нефти на берег, а также учитывает трудности последующей его очистки. Чем выше индекс, тем более чувствителен участок берега.

Всего для Кольского залива построено 40 карт уязвимости (разного масштаба и по сезонам). Используя возможности ГИС-технологий по публикации материалов в виде Web-ресурсов на геопорталах, полученные карты размещены в рамках Web-проекта на сайте «Геоинформационный портал Мурманской области» (URL: http://portal.kgilc.ru/mmbi).

Карты чувствительности берегов крайне актуальны для всего побережья Кольского полуострова в связи с возрастающими транспортными потоками и ролью нефтегазового комплекса в экономике Мурманской области и Арктического региона в целом. В связи с этим было выполнено районирование береговой зоны восточного Мурмана от Кольского

залива до губы Зеленецкой, включая губы Зеленецкую, Ярнышную, Териберскую и Долгую. По отработанной технологии в соответствии с принятой системой индексов ESI построена картосхема чувствительности берегов к воздействию нефти (рис. 6).

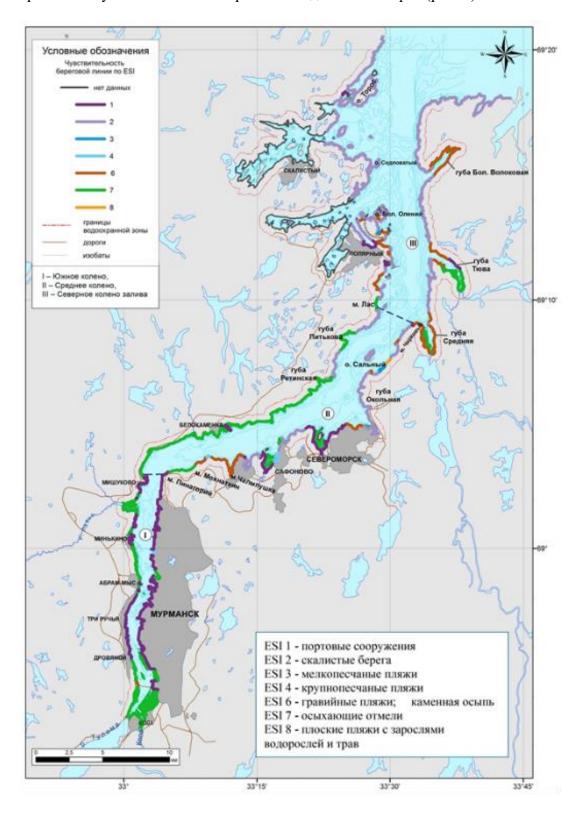


Рис. 5. Пример карты чувствительности берегов Кольского залива Fig. 5. An example of the sensitivity map of the coast of the Kola Bay



Рис. 6. Чувствительность побережья восточного Мурмана к нефтяному загрязнению Fig. 6. Sensitivity of the East Murmansk coast to oil pollution

# выводы

Таким образом, при помощи ГИС-технологий с целью оценки уязвимости Арктических морей от нефтяного загрязнения были построены карты уязвимости акватории Баренцева (включая Кольский залив), Белого и Карского морей. Также выполнено картографирование чувствительности береговой линии части восточного Мурмана от Кольского залива до губы Зеленецкой, включая сам залив и губы Зеленецкую, Ярнышную, Териберскую и Долгую.

Представленные карты наглядно показывают, какие районы требуют приоритетной защиты, а какие могут быть выделены как «жертвенные» участки при планировании операций по ЛРН. Следует ориентироваться на то, чтобы отвести нефть, например, с помощью боновых заграждений, от районов с повышенной чувствительностью и уязвимостью в районы наименее уязвимые для последующего сбора или утилизации.

Наличие таких карт особенно актуально в условиях Арктики для планов ЛРН, поставарийного мониторинга прибрежных районов и других природоохранных мероприятий и способствует принятию обоснованных и оперативных решений при потенциально возможном нефтезагрязнении.

Для завершения работы по составлению полной картины чувствительности побережья вдоль Кольского полуострова и далее по всей трассе СМП, необходимо проведение последующих экспедиционных исследований и натурная фотосъёмка берегов. Используя возможности ГИС-технологий, в перспективе следует развивать направление по созданию баз данных для сбора, хранения и обработки больших объёмов разнородных материалов, необходимых для оценки уязвимости и чувствительности. Крайне важно иметь соответствующие разномасштабные карты в районах, непосредственно связанных с нефтегазовой отраслью, транспортировкой нефти и нефтепродуктов, где велики риски аварийных ситуаций.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» по проектам «Исследования прибрежья и береговой зоны северной части Кольского залива и разработка карт уязвимости всего залива от нефти»

(договор № 26/2013-НЗ от 02.04.2013) и «Разработка Web-проекта "Интерактивные карты уязвимости Кольского залива от нефти"» (договор № 59/2015-Р от 29.05.2015).

Использованы также результаты научных исследований, выполненных по теме государственного задания ММБИ КНЦ РАН «Оценка уязвимости и экологический мониторинг арктических экосистем при освоении шельфа» (№ госрегистрации 01 2013 66838).

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was supported by the all-Russian public organization "Russian geographical society" under the projects "Studies of the coast and coastal zone of the Northern part of the Kola Bay and development of vulnerability maps of the entire Gulf from oil" (agreement No 26/2013-NZ on 02.04.2013) and "Development of Web-project "Interactive vulnerability map of the Kola Gulf oil" (agreement No 59/2015-R on 29.05.2015).

We also used the results of research carried out on the topic of the state task of the KSC RAS MBI "Vulnerability assessment and environmental monitoring of Arctic ecosystems during the shelf exploration" (state registration No 01 2013 66838).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Блиновская Я.Ю*. Принципы создания информационной системы «Карты чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью». Вестник ДВО РАН, 2004. № 4. С. 63–73.
- 2. Калинка О.П., Ващенко П.С., Карнатов А.Н. Оценка уязвимости окружающей среды Северо-Западного сектора Арктики от прогнозируемых воздействий. Материалы XXX юбилейной конференции молодых учёных ММБИ, посвящённой 150-летию со дня рождения Н.М. Книповича (г. Мурманск, май 2012). Мурманск: Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, 2012. С. 72–79.
- 3. *Мансуров М.Н.* Концепции обустройства месторождений Арктического шельфа. ROGTEC Российские нефтегазовые технологии. 28 августа 2013 г. Электронный ресурс: http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/концепции-обустройства-месторождени (дата обращения 02.04.2014).
- 4. *Новиков М.А.* Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей). Мурманск: Изд-во ПИНРО (Полярный филиал ВНИИ рыбного хозяйства и океанографии), 2006. 250 с.
- 5.  $\Pi$ атин C.A. Нефть и экология континентального шельфа. М.: Изд-во ВНИРО, 2001. 248 с.
- 6. Патин C.A. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: Изд-во ВНИРО, 2008. 507 с.
- 7. Погребов В.Б. Интегральная оценка экологической чувствительности биоресурсов береговой зоны к антропогенным воздействиям. Основные концепции современного берегопользования. СПб.: Изд-во РГГМУ (Российского государственного гидрометеорологического университета), 2010. Т. 2. С. 43–85.
- 8. Шавыкин А.А., Ильин  $\Gamma$ .В. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Мурманск: ММБИ (Мурманский морской биологический институт) КНЦ РАН, 2010. 110 с.
- 9. *Шавыкин А.А., Калинка О.П., Духно Г.Н., Сапрыгин В.В., Зырянов С.В.* Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению. Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2008. № 3. С. 13–23.
- 10. Шавыкин А. А., Матишов Г. Г., Карнатов А. Н. Методика построения карт уязвимости прибрежно-морских зон от нефти. Доклад РАН, 2017. Т. 475. № 4. С. 461–464.
- 11. BRISK (Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea). Method note. Document № P-070618-1-01. Admiral Danish Fleet HQ, National Operations,

- Maritime Environment, 2009. Ver. 0.2. 42 p. Web resource: http://meeting.helcom.fi/c/document\_library/get\_file?p\_l\_id= 83433&folderId=504938&name=DLFE-38440.pdf (accessed 15.09.2014).
- 12. *Gundlach E.R.*, *Hayes M.O.* Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. Marine Technology Society Journal, 1978. V. 12. № 4. P. 18–27.
- 13. IPIECA, IMO, OGP (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, International Maritime Organization, International Association of Oil & Gas Producers). Sensitivity mapping for oil spill response. London, 2012. 39 p.
- 14. *Offringa H.R., Lahr J.* An integrated approach to map ecologically vulnerable areas in marine waters in the Netherlands (V-maps). RIKZ working document. Ministry of Transport, Rijkswaterstaat, National Institute for Marine and Coastal Management. Report № A09. Netherlands, The Hague: RIKZ, 2007. 93 p.
- 15. Ramboll Barents. Пилотный проект: Совершенствование системы реагирования на аварийные разливы нефти и нефтепродуктов в арктических условиях для защиты особо чувствительных к нефтепродуктам прибрежных районов (на примере Баренцева и Белого морей) технический отчёт. Том І. Мурманск, 2010. 120 с. Электронный ресурс: http://archive.iwlearn.net/npa-arctic.ru/Documents/demos/new/rprts/oil\_spills\_rpt. pdf (дата обращения 06.02.2013).
- 16. SFT. Beredskap mot akutt forurensing. Modell for prioritering av miljøressurser ved akutte oljeutslipp langs kysten. Report № 1765/2000. Trondheim, Norway, 1996.
- 17. Shavykin A.A., Vashchenko P.S., Kalinka O.P., Karnatov A.N. Mapping water area vulnerability for oil spill contingency, response and other natural protection purposes: MMBI's methodology. Assessing Vulnerability of Flora and Fauna in Polar areas. Symposium proceedings. Kortrapport/Brief Report Series № 032. Tromsø: Norwegian Polar Institute, Fram Centre, 2015. P. 68–75.

#### **REFERENCES**

- 1. *Blinovskaya Ya.Yu.* Principles of creation the information system "Sensitivity maps of the coastal areas to oil pollution". Bulletin of the Far Eastern Branch of RASciences, 2004. No 4. P. 63–73 (in Russian).
- 2. BRISK (Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea). Method note. Document No P-070618-1-01. Admiral Danish Fleet HQ, National Operations, Maritime Environment. 2009. Ver. 0.2. 42 p. Web resource: http://meeting.helcom.fi/c/document\_library/get\_file?p\_l\_id= 83433&folderId=504938&name= DLFE-38440.pdf (accessed 15.09.2014).
- 3. *Gundlach E.R.*, *Hayes M.O.* Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. Marine Technology Society Journal, 1978. V. 12. No 4. P. 18–27.
- 4. IPIECA, IMO, OGP (International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, International Maritime Organization, International Association of Oil & Gas Producers). Sensitivity mapping for oil spill response. London, 2012. 39 p.
- 5. *Kalinka O. P., Vaschenko P. S., Karnatov A. N.* Vulnerability assessment for the environment of the North-Western sector of Arctic from potential impacts. Proceedings of the XXX anniversary conference of young scientists, MMBI, dedicated to 150-anniversary from the birthday N.M. Knipovich (Murmansk, may 2012). Murmansk: Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, 2012. P. 72–79 (in Russian).
- 6. *Mansurov M.N.* Concepts of Arctic shelf field development ROGTEC-Russian oil and gas technologies. Web resource: http://www.rogtecmagazine.com/ru-blog/concepcii-obustrojstva-mestorozhdenij (accessed 02.04.2014) (in Russian).
- 7. Novikov M.A. Methodology for integrated assessment of ecological vulnerability and fishery value of marine areas (on the example of the Barents and White seas). Murmansk: PINRO

- Publishing house (Polar Branch All-Russian Scientific-Research Institute of Fisheries and Oceanography), 2006. 250 p. (in Russian).
- 8. *Offringa H.R.*, *Lahr J.* An integrated approach to map ecologically vulnerable areas in marine waters in the Netherlands (V-maps). RIKZ working document. Ministry of Transport, Rijkswaterstaat, National Institute for Marine and Coastal Management. Report No A09. Netherlands, The Hague: RIKZ, 2007. 93 p.
- 9. *Patin S.A.* Oil and ecology of continental shelf. Moscow: VNIRO Publishing house (All-Russian Scientific-Research Institute of Fisheries and Oceanography), 2001. 248 p. (in Russian).
- 10. *Patin S.A.* Oil spills and their impact on the marine environment and bioresources. Moscow: VNIRO Publishing house (All-Russian Scientific-Research Institute of Fisheries and Oceanography), 2008. 507 p. (in Russian).
- 11. *Pogrebov V.B.* Integral estimation of environmental sensitivity of the biological resources of the coastal zone to anthropogenic effects. Basic concepts of modern coast management. SPb.: Publishing house of RSHU (Russian state Hydrometeorological University), 2010. V. 2. P. 43–85 (in Russian).
- 12. Ramboll Barents. Pilot project: Improvement of the system of response to oil and oil products spills in the Arctic to protect the coastal areas that are particularly sensitive to oil products (for example, the Barents and White seas) technical report. V. I. Murmansk, 2010. 120 p. Web resource: http://archive.iwlearn.net/npa-arctic.ru/Documents/demos/new/rprts/oil\_spills\_rpt.pdf (accessed 06.02.2013) (in Russian).
- 13. SFT. Beredskap mot akutt forurensing. Modell for prioritering av miljøressurser ved akutte oljeutslipp langs kysten. Report No 1765/2000. Trondheim, Norway, 1996 (in Norwegian).
- 14. *Shavykin A.A.*, *Ilyin G.V.* Assessment of the integrated vulnerability of the Barents Sea to oil pollution. Murmansk: MMBI (Murmansk Marine Biological Institute) of the Kola Scientific Center RAS, 2010. 110 p. (in Russian).
- 15. Shavykin O.P., Kalinka O.P., Dukhno G.N., Saprykin V.V., Zyryanov S.V. Assessment of the integrated vulnerability of the Barents Sea to oil pollution. Environmental Protection in the oil and gas complex, 2008. No 3. P. 13–23 (in Russian).
- 16. Shavykin A.A., Matishov G.G., Kornatov A.N. The procedure of mapping the vulnerability of coastal areas from oil. Report, Russian Academy of Sciences, 2017. V. 475. No 4. P. 461–464.
- 17. Shavykin A.A., Vashchenko P.S., Kalinka O.P., Karnatov A.N. Mapping water area vulnerability for oil spill contingency, response and other natural protection purposes: MMBI's methodology. Assessing Vulnerability of Flora and Fauna in Polar areas. Symposium proceedings. Kortrapport/Brief Report Series No 032. Norwegian Polar Institute, Fram Centre, Tromsø, 2015. P. 68–75.

УДК 911.2:528.7:551.32 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-146-160

А.Д. Китов<sup>1</sup>, В.М. Плюснин<sup>2</sup>, И.Н. Биличенко<sup>3</sup>

# ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДНИКОВ В ГИМАЛАЯХ И ЮЖНОЙ СИБИРИ ПО ДАННЫМ LANDSAT

#### **АННОТАЦИЯ**

В работе рассматриваются локальные особенности ледников отдельных горных массивов Азии на примере трансграничного трансекта в меридиональном направлении от широт средней тайги Прибайкалья до центральной части Гималаев. Горные массивы представляют наиболее уязвимые и часто реликтовые геосистемы. Особенно высокой чувствительностью к изменениям климата обладают нивально-гляциальные и гольцовые геосистемы. Как в Южной Сибири, так и Гималаях происходит постоянное сокращение современных ледников. Особенно хорошо прослеживается открытая часть ледников, наиболее динамичная и чувствительная к изменению климата. Данные Landsat позволяют оценить изменение ледников на разных широтах в близких временных интервалах с начала 1970-х. В результате анализа таких данных удалось выявить общие тенденции изменения и некоторые аномалии (особенно в 2014—2015 годах до и после землетрясения в мае 2015 года), проявившиеся на всех рассматриваемых ледниках. Исследовались изменения ледников в хребте Кодар (ледник Азаровой, № 20), в Восточном Саяне (ледник Перетолчина, № 31 и Топографов, № 18), В Гималаях (Кхумбу, № 133 и в национальном парке Лангтанг: Лирунг, Юбра, Гхонне).

Сравнительный анализ этих ледников показал, что средняя скорость изменения площади рассматриваемых семи ледников в начале 1970-х составляла -0,176 км²/год, к началу 2000-х она замедлилась до -0,123, а к настоящему времени — до -0,047. Хотя у ледников Гхоне, Лирунг и особенно у Перетолчина она увеличивается. Отмечается не только сокращение, но и стабилизация состояния ледников в некоторые годы за последние 50 лет. Анализ выполнялся с использованием ГИС, баз данных ледников и космических снимков Landsat.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Восточный Саян, Гималаи, ГИС, динамика горных ледников, космоснимки

1

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, 664033, Иркутск, Россия, *e-mail:* **kitov@irigs.irk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, 664033, Иркутск, Россия, *e-mail:* plyusnin@irigs.irk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН, ул. Улан-Баторская, 1, 664033, Иркутск, Россия, *e-mail:* bilichenco@irigs.irk.ru

# Aleksandr D. Kitov<sup>1</sup>, Viktor M. Pluysnin<sup>2</sup>, Irina N. Bilichenko<sup>3</sup>

# CHANGE OF GLACIERS IN THE HIMALAYAS AND SOUTHERN SIBERIA ACCORDING TO LANDSAT

#### **ABSTRACT**

We consider the local peculiarities of glaciers. We have researched the glaciers of separate mountain ranges in Asia from middle Taiga of the Pribaikalie to the central part of the Himalayas. The mountains are the most vulnerable and often relict geosystems. Especially high sensitivity to changes of climate have nival-glacial and golets geosystems. Modern glaciers constantly declining in the Southern Siberia and the Himalayas. The open part of the glaciers, which are the most dynamic and sensitive to climate change, especially clearly visible on spatial images. Landsat data provide an indication of the change of glaciers at different latitudes and close time intervals since the early 1970's. As a result, the analysis of such data, we were able to identify common trends and anomalies (especially in 2014–2015 years, before and after the earthquake in May 2015) demonstrated on all the glaciers. Studied changes of the glaciers of the Kodar Ridge (Azarova glacier, No 20), of the East Sayan (the Peretolchina glacier, No 31 and the Topografov glacier, No 18), of the Himalayas (the Khumbu glacier, No 133 and in the Langtang National Park: Lirung, Jubra, Ghonne glaciers).

The comparative analysis of these glaciers showed that the average rate of change of the area, these glaciers, in the early 1970's was -0.176 km²/year to the beginning of the 2000's it slows up -0.123, and up to date -0.047. Although glaciers Ghone, Lirung, especially Peretolchina it increases. We've noticed reduced of the glaciers, but also stabilizing of the glaciers in some years during of the past 50 years. The analysis was performed using GIS, databases, glaciers and satellite images Landsat.

**KEYWORDS:** East Sayan Mountains, the Himalayas, GIS, dynamics of mountain glaciers, space images

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Отмечаемое в настоящее время потепление климата отражается на состоянии современного оледенения в различных горных районах. Ошибочное сообщение о резком стаивании ледников в Гималаях [IPCC, 2007] к 2035 году и возможном их сокращении по результатам моделирования к 2100 году на 73–96 % [Shea et al., 2015] вызвало необходимость проверки этого факта. В результате выяснилось, что ледники Гималаев изменяются не катастрофично и они не исчезнут к середине нашего столетия. Кроме того, наблюдались периоды замедления и ускорения потепления и соответственно стационарное состояние и даже наступание некоторых ледников в разных горных системах [Котляков и др., 2017]. Кроме того, в исследованиях [Wagnon et al., 2007] показано, что малые ледники в районе Эвереста интенсивнее реагируют на потепление, чем большие, реакция которых незначительна.

Дендрохронологические реконструкции указывают, что последнее ускорение потепления наблюдается с 1980-х годов, а предыдущее замедление было в 1960-70-х [Котляков и др., 2017]. По дендрохронологическим исследованиям озёрных отложений [Stepanova et al.,

<sup>2</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskay st., 1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* plvusnin@irigs.irk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskay st., 1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* **kitov@irigs.irk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS, Ulan-Batorskay st., 1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* bilichenco@irigs.irk.ru

2015] в районе ледника Перетолчина (Мунку-Сардык) выявляются периоды отступания ледника 1900—1965 и 1983—2000 годов с одновременным повышением прироста деревьев и скорости осадконакопления и наступания ледника в 1965—1980 годах с замедлением прироста деревьев и снижением скорости осадконакопления.

В связи с этим выявление закономерностей изменения ледников и их поведения в разных горных территориях представляет самостоятельный интерес. В данном исследовании рассматривается изменение некоторых ледников в Гималаях в национальном парке Лангтанг и Сагарматха (в районе Эвереста) в сравнении с малыми ледниками в хребте Кодар и Восточном Саяне (массив Мунку-Сардык и пик Топографов) (рис. 1).

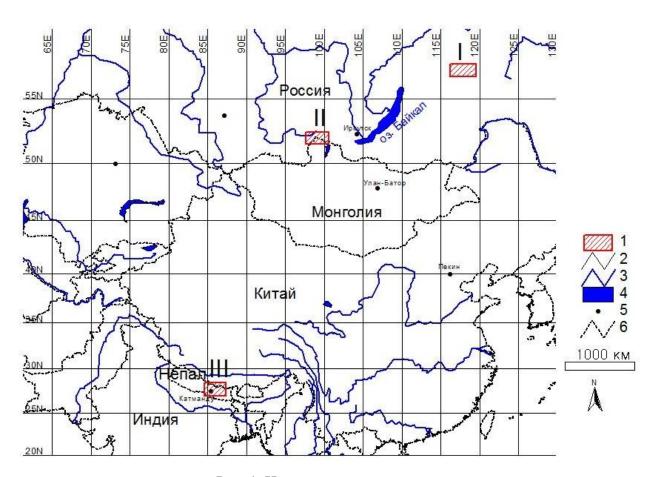


Рис. 1. Исследуемые территории:

1 – ключевые участки (І – хребет Кодар; ІІ – Восточный Саян; ІІІ – Гималаи); 2 – координатная сетка (долгота/широта); 3 – реки; 4 – озёра; 5 – города; 6 – границы государств Fig. 1. The studied territory: 1 – key areas (І – Kodar ridge; ІІ – East Sayan mountains; ІІІ – Himalayas); 2 – coordinate grid (longitude/latitude); 3 – rivers; 4 – lakes;

5 - cities; 6 - state borders

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном исследовании использованы материалы полевых работ, данные дистанционного зондирования Земли, картографические материалы и информация гляциологических баз данных (каталогов ледников). На сайте USGS доступны космоснимки Landsat с 1972 года различного пространственного разрешения. Сканер MSS (Landsat 1, 2) имеет разрешение 80 м в 4-х спектральных каналах, сканеры ТМ, ETM, LC (Landsat 5, 7, 8 соответственно) – 30 м (15 м в панхроматическом канале) и больше спектральных каналов, что

расширяет возможности RGB-синтеза. Соответственно точность оценки площади и длины ледника зависят от этих параметров и составляет порядка 10–15 % при сравнении характеристик ледников в разные временные интервалы.

Ледники можно наблюдать в узком сезонном диапазоне года. Для ледников Гималаев это конец октября — начало ноября. Хотя муссон отступает обычно в середине октября, но бывают ненастные дни; в декабре хотя доля осадков незначительна, но они уже не тают на высотах нижней части ледника, да и на более высоких отметках образуют сезонные снежники, что затрудняет выделение границы ледника.

Для анализа изменения ледников с помощью программного обеспечения ГИС ArcView 3.2 создавались ГИС-проекты. Для территорий Гималаев использовались топографические и туристические карты и космоснимки Landsat в проекции UTM 45 зоны. Использовался в основном RGB-синтез 2-4-7 каналов для Landsat 7 и 3-5-7 — Landsat 8. В случае необходимости производилось улучшение по 8-му (панхроматическому) каналу до 15 м. Данные совмещались и производилась их векторизация. Открытой частью ледника считалась та его часть, где сохранялся снег и открытый лёд, хотя собственно залежи многолетнего льда продолжались под поверхностными моренами.

В районе Эвереста (Сагарматха, Джомолунгма (Sagarmatha, Chomolungma), 8 848 м) исследовался наиболее доступный и популярный ледник Кхумбу, его долинная часть (рис. 2). За верхнюю границу ледника принята изолиния 5 400 м по северному истоку со стороны вершин Лингтрен (Lingtren, 6 713 м) и Кхумбутсе (Khumbutse, 6 639 м), а с восточного истока примерно на этой же высоте – по низу ледопада Кхумбу, текущего из Долины Молчания (Western Cwm – западный цирк Эвереста) [Higuchi et al., 2015]. На рис. 2 видно, что северный исток в настоящее время практически стаял и представляет собой каменный глетчер; лёд сохранился только в зоне питания у главного гребня.

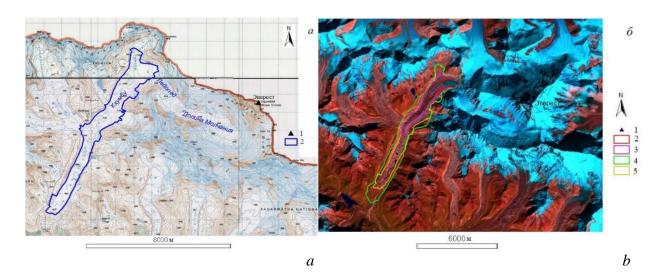


Рис. 2. Местность Кхумбу: a — границы ледника Кхумбу по топокарте (1 — вершина Эверест, 8 848 м; 2 — граница нижней долинной части ледника Кхумбу);

 $\delta$  — динамика ледника Кхумбу (1 — вершина Эверест; 2 — видимая часть ледника в 2017 году, 3 — 1987, 4 — 1972, 5 — 1992 по топокарте).

Фон – космоснимок Landsat 8 21.10.2017

Fig. 2. District Khumbu: a – borders of the Khumbu glacier on the topographic map (the Everest top, 8848 m; 2 – the border of bottom part of the Khumbu glacier);

b – dynamics of the Khumbu glacier (1 – the Everest top; 2 – visible part of the glacier in 2017, 3-1987, 4-1972, 5-1992 on the topographic map). Background – the Landsat 8 space image 10.21.2017

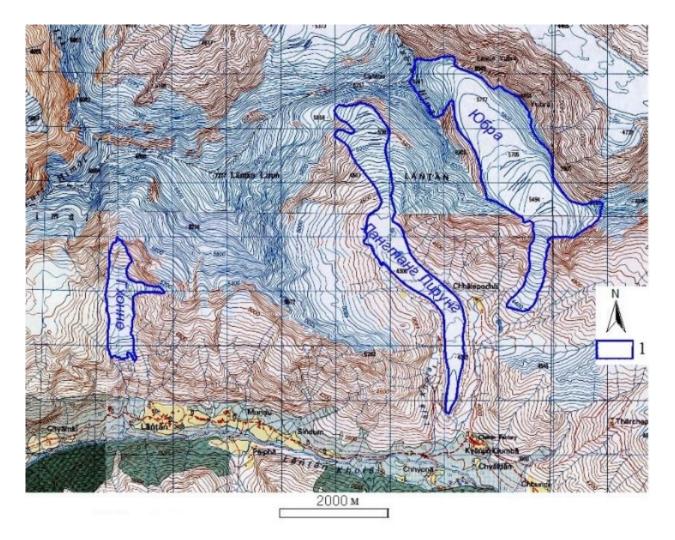


Рис. 3. Местность Лангтанг.
1 – границы ледников по топокарте
Fig. 3. District Langtang.
1 – borders of glaciers on topographic map

В местности Лангтанг (рис. 3), с главной вершиной Лангтанг Лирунг (Langtang Lirung, 7 227 м), рассмотрены три ледника: Лирунг (Langtang Lirung), Юбра (Yubra) и Гхонне (Ghonne). Последний представляет пульсирующий ледник и связан с разыгравшейся во время майского землетрясения 2015 года трагедией.

Использование данных Landsat для оценки динамики ледников Южной Сибири проблематично из-за погодных условий и отсутствия муссонной цикличности. Оптимальное время наблюдения (наименьшее количество сохранившегося снега) для хребта Кодар с середины июля по середину августа, да и то в любое время может выпасть снег, а из-за неустойчивости погоды часто вершины закрыты облаками. Для ледников Восточного Саяна оптимальное время примерно такое же или смещено дней на 10 позже (для района Мунку-Сардык) и на 15–20 (для Пика Топографов). Поэтому для исследования использовались данные каталогов ледников [Каталог, 1972; 1973], топографических карт 1950–60-х лет, имеющаяся аэросъёмка, съёмка со спутников высокого разрешения (специальный заказ), а также экспедиционные и литературные данные [Вајгасhаrya, Mool, 2007; Shea et al., 2015; Stepanova et al., 2015; Osipov, Osipova, 2015]. Использовалась также авторская информация электронных баз данных (БД) [Китов, Плюснин, 2008; Kitov, Plyusnin, 2017]. Ледники названных территорий исследуются с середины прошлого столетия. Наибольший период наблюдения – у ледников Перетолчина и Радде [Перетолчин, 1908; Kitov et al., 2009].

Согласно составленной БД [Kitov, Plyusnin, 2017] состояние ледников оценивается в основном для 3-х периодов: 1950-е по топографическим картам; 1970-е по каталогам ледников; современное состояние по космоснимкам и экспедиционным данным. В районе хребта Кодар рассматривается наиболее изученный ледник Азаровой (№ 20) (рис. 4).

В Восточном Саяне представлены ледники горного массива Мунку-Сардык – ледник Перетолчина (рис. 5 А) и ледник пика Топографов (№ 18) (рис. 5 Б).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1 приведены некоторые характеристики ледника по анализу данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) и картографического материала.

Аналогичный тип пространственных данных использован для анализа остальных ледников; дата съёмки представлена как год-месяц-число (ггггммчч).

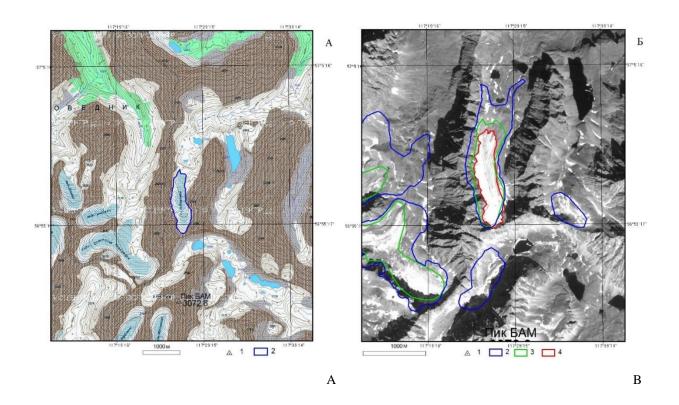


Рис. 4. Ледник Азаровой на топокарте ГосГисЦентра (ГГЦ) (А), обновлённой ГГЦ в 2003 году:

1 – вершины (пик БАМ, 3 072 м); 2 – границы ледника.

Динамика ледника Азаровой (Б): 1 – вершины; 2 – ледник по топокарте 1960-х годов;

3 – по карте ледников 1976 года, на основе аэросъёмки [Пластинин, 1998];

4 – современное состояние. Фон – космоснимок Aster, 14.08.2009

Fig. 4. The Azarova glacier on topographic map State GisCenter (SGC) (A), updated SGC in 2003:

1 - tops (BAM peak, 3 072); 2 - glacier borders.

Dynamics of the Azarova glacier (B): 1 – tops; 2 – the glacier by topographic map 1960s; 3 – by the glaciers map 1976, on the basis of aerial photograph [Plastinin, 1998];

4 – a current state. The background – space image Aster, 14. 08.2009

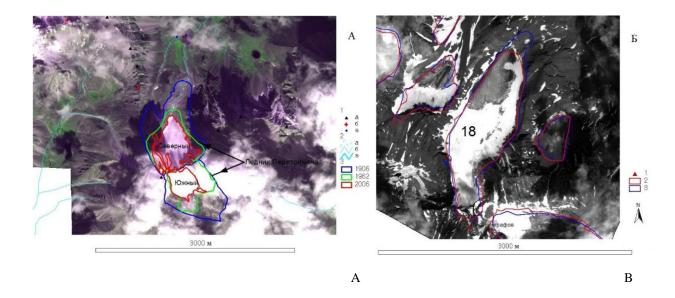


Рис. 5. Восточный Саян: А. Горный массив Мунку-Сардык, ледник Перетолчина: 1 – высотные отметки (а – вершины (Мунку-Сардык, 3 491 м); б – перевалы; в – урезы воды); 2 – реки;

3 – границы ледника соответственно в 1906 (по реконструкции схемы Перетолчина), 1962 (по топокарте),

2006 годах (по космоснимку).

Фон – космоснимок QuickBird 29.08.2006.

Б. Окинский хребет, ледник Топографов (№ 18): 1 – Пик Топографов, 3 089 м; 2 – граница ледника 2010 года (по космоснимку Landsat 7); 3 – граница ледника 1960 года (по топокарте). Фон – космоснимок WorldView 1, 17.07.2008

Fig. 5. East Sayan mountains: A. The Munku-Sardyk massiv, the Peretolchin glacier: 1 – high-rise marks (a – tops, Munku-Sardyk, 3 491 m; δ – passes; в – water edges); 2 – rivers;

3 – glacier borders accordingly in 1906 (on reconstruction of the Peretolchin's scheme), 1962 (on topographic map),

2006 (on space image). Background – space image QuickBird 29.08.2006.

B. The Okinsky ridge, the Glacier of Topographers (№ 18): 1 – Peak of Topographers, 3 089 m; 2 – glacier border in 2010 (on space image Landsat 7); 3 – glacier border in 1960 (on topographic map).

Background – space image WorldView 1, 17.07.2008

Данные (каталог) Национального Информационного центра Снега и Льда (doi:http://dx.doi.org/10.7265/N5/NSIDC-WGI-2012-02; https://nsidc.org/data/glacier\_inventory/search/glacier\_inventory\_query.pl, 11.02.2018) обновлены частично. Считается, что эти данные соответствуют 2012 году. Однако это не уточённные данные, особенно для ледников Южной Сибири. У гималайских ледников общая площадь включает все притоки области питания. Например, для Кхумбу это практически оледенение всей одноимённой долины. В табл. 2 приведены характеристики по шейп-файлам из БД с корректировкой для исследуемой долинной части гималайских ледников.

На рис. 6 представлена динамика ледников (скорость изменения в год и абсолютные значения за периоды I—VII). Периоды I — начало наблюдения в 1950—60-е годы по каталогу или топокарте; II — 1970-е годы, начало космосъёмки; III — 1980—90-е годы; IV — начало 2000-х годов; V — 2014 год; VI — 2015 год; VII — 2016—2017 годы.

Табл. 1. Динамика ледника Кхумбу Table 1. The dynamics of glaciers Khumbu

Дата			Площадь,	Периметр,	Длина,	
Вид данных	Вид данных съёмки		км <sup>2</sup>	КМ	КМ	
Топокарта	1992–96	1992	9,3	26,4	10,8	
Мозаика ДДЗЗ	1980–90	1988	10,2	26,4	11,1	
Каталог	1950–60	1950	13,5	27,7	11,9	
Ландсат 1	14.12.1972	1972	10,4	26,9	11,1	
Ландсат 4	22.12.1987	1987	4,4	14,0	6,3	
Ландсат 5	09.11.1989	1989	1,6	11,2	3,7	
Ландсат 5	17.11.1992	1992	1,7	11,4	3,6	
Ландсат 5	28.11.1996	1996	1,5	10,8	3,5	
Ландсат 7	30.10.2000	2000	1,5	10,4	4,0	
Ландсат 7	20.10.2002	2002	1,6	10,6	4,1	
Ландсат 7	05.11.2005	2005	1,4	9,0	3,3	
Ландсат 7	26.10.2010	2010	1,5	10,0	3,8	
Ландсат 8	10.10.2013	2013	1,5	9,1	3,4	
Ландсат 8	06.11.2014	2014	3,7	12,7	5,5	
Ландсат 8	30.10.2015	2015	1,3	9,9	3,1	
Ландсат 8	21.10.2017	2017	1,2	8,2	2,7	

Размеры сибирских ледников по масштабу несопоставимы с гималайскими, поэтому показаны отдельно. Первая точка (I) виртуальная (принята за ноль), но в периоде II (1960-70-е) все ледники резко сокращаются. В периоде III (1980–90-е) скорость сокращения ледника Кхумбу увеличивается. У ледников Азаровой и Кхумбу стабилизация наблюдается только к V периоду (характер изменения площади у этих ледников схожий). В IV периоде (начало 2000-х) Восточно-Саянские ледники сильнее деградируют. Не в такой степени, но ледники местности Лангтанг также сокращаются сильнее. В V периоде (2014) все ледники стабилизировались (даже положительное приращение у ледников Кхумбу и Азаровой), только ледник Перетолчина продолжает убывать, но медленно. Визуальная оценка данных в Google Earth и Landsat показывает увеличенную заснеженность в Гималаях. К сожалению, не удалось найти данные метеостанций за анализируемые годы для Гималаев (данные моделирования на сетке 0,5° x 0,5° пригодны для глобального анализа климата и не учитывают локальные условия). Однако по метеостанции Монды (Восточный Саян) в 2013–2014 годах были ливневые зимние осадки, что увеличило сумму годовых осадков в 2-3 раза по сравнению с типичным значением. В VI периоде (2015) резко увеличилась скорость сокращения. Вероятно, в Гималаях это из-за происшедшего землетрясения, длившего с мая почти до конца 2015 года. По данным метеостанции Монды, в 2014 году наблюдалось понижение среднегодовой температуры, а к настоящему времени отмечается её повышение. По данным нашей термографии (термохроны у ледника Перетолчина устанавливаются с 2009 года) было резкое повышение зимних температур в 2013 году, а в 2014 – такое же понижение. К настоящему времени они незначительно повышаются; летние температуры с 2016 года начали снижаться. В VII периоде (современном, 2017) наблюдается стабилизация ледников. Динамика ледников в характерные годы представлена в табл. 2. Скорость изменения площади и длины в год вычисляется как изменение соответствующей характеристики (в км<sup>2</sup> или км) в данном периоде, делённое на число лет в этом периоде.

По данным космосъёмки хорошо фиксируется открытая часть ледника. В основном в данном исследовании оценивались эти характеристики. Конечный участок у ледника Кхумбу начинает фрагментироваться; эти фрагменты также учитывались. Они представляют собой группы сераков (светлые пятна) на мокром льду (поэтому эти участки на космоснимке тёмные). Выделяют также активную часть ледника, простирающуюся значительно дальше открытой части до большого правого притока (ледник Лобуче). Она стабильно дешифрируется на снимках разных лет и практически не сокращается (рис. 2 б, розовая линия). Подобные участки есть и у малых Сибирских ледников. Они маркируются фрагментами многолетних снежников вдоль оси ледника. Далее идёт участок льда, вероятно мёртвого, до конечной морены, при протаивании которого образуются ледниковые озёра. Образование ледниковых озёр в стадии потепления является характерным признаком отступания ледников [Ваjracharya, Mool, 2009].

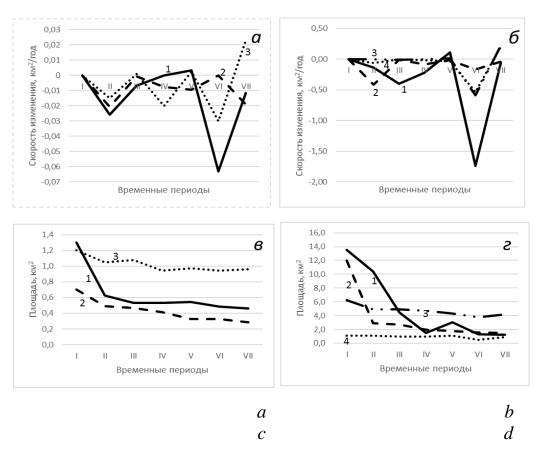


Рис. 6. Динамика ледников (км²):

а, б – скорость изменения площади ледников соответственно в Восточной Сибири и Гималаях

(а: 1 – Азаровой, 2 – Перетолчина, 3 – Топографов Сибири;

б: 1 – Кхумбу, 2 – Лирунг, 3 – Юбра, 4 – Гхонне);

в, г – абсолютные изменения площади ледников (а, б) с 1950 по 2017 годы Fig. 6. The dynamics of glaciers (km²):

а, b – the speed of change of glacier area respectively in Eastern Siberia and the Himalayas

(a: glaciers: 1 – Azarova, 2 – Peretolchin, 3 – of Topografers;

b: 1 – Khumbu, 2 – Lirung, 3 – Yubra, 4 – Ghonne);

the absolute change of area of glaciers (a, b) from 1950 to 2017

 Табл. 2. Сравнительные характеристики ледников

 Table 2. Comparative characteristics of glaciers

Год	Площадь, км <sup>2</sup>	Длина, км	Период, лет	Изменение площади,	Изменение длины, км	Скорость измене- ния	Скорость измене- ния				
			Полиц	KM <sup>2</sup>	(онов)	площади	длины				
Ледник Азаровой (Кодар)											
1960	26,5	1,56	0	0	0	0	0				
1972	18,8	1,21	12	-7,7	-0,4	-0,640	-0,029				
1985	13,16	1,14	13	-5,6	-0,1	-0,434	-0,005				
2015	8,97	0,89	30	-4,2	-0,2	-0,140	-0,008				
Ледник Кхумбу (Гималаи)											
1950	13,51	11,88	0	0	0	0	0				
1972	10,42	11,09	22	-3,1	-0,8	-0,140	-0,036				
1987	4,43182	6,33	15	-6,0	-4,8	-0,399	-0,317				
2015	1,32607	3,11	28	-3,1	-3,2	-0,111	-0,115				
Ледник Топографов (Восточный Саян, Окинский хребет))											
1950	1,2	2,5	0	0	0	0	0				
1960	1,042	2,32	10	-0,2	-0,2	-0,016	-0,018				
2010	0,944	2,038	50	-0,1	-0,3	-0,002	-0,006				
2016	0,963	2,06	6	0,1	0,02	0,003	0,004				
	Ледник	Перетол	ичина (Во	сточный Саян	н, хребет Мун	ку-Сардык)					
1950	0,7	1,1	0	0	0	0	0				
1960	0,493	1,01	10	-0,2	-0,1	-0,021	-0,009				
2000	0,397	0,94	40	-0,1	-0,1	-0,002	-0,002				
2017	0,288	0,81	17	-0,1	-0,1	-0,006	-0,008				
		Ле	дник Гхо	нне (Гималаи	, Лангтанг)						
1950	1,103	2,300	0	0	0	0	0				
1972	1,125	2,289	22	0,022	-0,011	0,001	-0,001				
1988	0,970	2,260	16	-0,155	-0,029	-0,010	-0,002				
2017	0,931	2,343	29	-0,039	0,083	-0,001	0,003				
		Ле	дник Лир	унг (Гималаи	, Лангтанг)						
1950	12,020	7,300	0	0	0	0	0				
1972	2,938	4,957	22	-9,082	-2,343	-0,413	0,258				
1992	2,726	6,437	20	-0,212	1,480	-0,011	-6,984				
2017	1,503	3,509	25	-1,223	-2,928	-0,049	2,394				
		Л	едник Юб	бра (Гималаи,	Лангтанг)						
1950	6,250	6,000	0	0	0	0	0				
1972	4,941	5,627	22	-1,309	-0,373	-0,059	0,285				
1992	4,909	5,639	20	-0,033	0,013	-0,002	-0,391				
2017	4,203	5,343	25	-0,706	-0,297	-0,028	0,421				

Наблюдается также дробление ледников. Такое увеличение числа ледников отмечается в Восточном Саяне [Осипов и др., 2017]. С середины прошлого века ледник Перетолчина разделился на северную и южную части из перемётного, а с 2012 года у него фактически отделился западный край, питавший ранее его второй язык. Более интенсивно ледники бронируются поверхностными моренами [Коваленко, 2011; Котляков и др., 2015; Китов, Плюснин, 2008], из-за чего отмечается более резкое сокращение открытой части.

В Гималаях с 2010 года и особенно к 2014-му и зимой 2015 года перед весенним землетрясением 5 мая 2015 года дешифрировалось увеличение накопления снега и ледяных масс. Землетрясение спровоцировало сёржи ледников и массовый сход лавин. Из северной зоны питания с верхней части хребта через сформировавшийся с 1990-х годов каменный глетчер сошли лавины на базовый лагерь Эвереста. В национальном парке Лангтанг на деревню Лангтанг сошла нижняя часть языка ледника Гхонне, принёсшая наибольшую трагедию Непалу.

Землетрясение произошло около обеда (11:30), когда в деревне обычно туристы останавливаются на обед, а местные жители заняты их обеспечением. Восточная часть деревни (около трети), которая была на возвышенности, не пострадала. Наибольшее количество жертв и разрушений, совершённых потоком камней, отброшенных основной массой сошедшего льда вдоль русла речки и стока с ледника, произошло в центральной части (рис. 7). Западная часть, находящаяся в русле реки, оказалась полностью засыпанной смесью льда и камней. По площади это примерно треть, но по населению — незначительная часть. Всего погибло 250 человек; из них 175 — непальцы, остальные туристы из разных стран, а также молодая пара дипломатов из России. На краю деревни выстроена ступа и мемориальный комплекс со списком погибших и указанием их родины. Эта деревня была одним из значимых поселений на треке — там находились чек-пост национального парка, военный пост, почта.

На снимках из Интернета прошлых лет хорошо просматривается конус выноса, поросший кустарником. Это говорит о периодическом сходе ледника. Язык ледника сильно вытянут, а по его краям текут речные потоки, питающиеся со склонов цирка. Один из потоков по диагонали пересекает этот язык в месте, где есть перегиб из пологой части в крутую, обрывающуюся к террасе основной долины. На космоснимках видно, что в зоне питания ледника со склонов цирка сошли лавины, которые наехали и пододвинули верхнюю часть языка. Эта сдвижка спровоцировала отрыв его конца на перегибе. В последние годы (лет 15–20) с увеличением потока туристов деревня стала разрастаться в западном направлении; в самом русле у реки рядом с подвесным мостом также была гостиница. Это место полностью засыпано ледово-обломочным материалом по примерным оценкам толщиной около 200 м. Через два года вдоль русла произошло протаивание и оседание льда на 100–150 м (рис. 7 Г, Д). Во время схода льда ударной волной на другом берегу главной реки Лангтанг-Кхола сломало деревья.

По грубым оценкам по космоснимкам Landsat, площадь конуса выноса на террасу составила 0,53 км<sup>2</sup> (рис. 7), примерно длиной 850 м и общей шириной 700 м (на рис. 7 А-В выделено красным контуром). Восточная часть (0,23 км<sup>2</sup>) разрушила край деревни на возвышенном месте и не представляла основной поток, хотя и принесла наибольшие разрушения и жертвы. Западная половина (0,28 км<sup>2</sup>) лежит в долине речного стока с ледника (вероятно, лёд и обломочный материал ещё сильнее углубил овраг) и представляет собой толщу льда более 100 м. Несколько усадеб оказались погребёнными полностью гравийно-ледовой смесью, по нашим оценкам, объёмом 0,03-0,05 км<sup>3</sup>. В нижней долинной части ледника Лангтанг-Лирунг, стекающего с той же главной вершины (7 227 м), что и Гхонне, но с другого склона, образовалось большое ледниковое озеро, отсутствовавшее в конце 1970-х годов. По данным космосъёмки, оно начало формироваться с 2000 года и увеличилось с 9 000 до 50 000 м<sup>2</sup>. Сейчас оно является резервуаром деривационной ГЭС в поселке Кянжин Гумба, обеспечивающей электричеством деревни верхней труднодоступной части долины. В каталоге WGI площадь этого ледника, вероятнее всего цирка, составляет 12,02 км<sup>2</sup>, по топокарте площадь только долинной части – 1,7 км $^2$ , по космоснимкам 1988 года – 2,1 км $^2$ , 2001 года — 1,99 км<sup>2</sup>, 2014 года — 1,7 км<sup>2</sup>, 2015 года (после землетрясения) — 1,58 км<sup>2</sup>, в настоящее время  $(2017 \text{ год}) - 1.5 \text{ км}^2$ . А длина с 1988 года сократилась с 4,5 до 3,5 км.

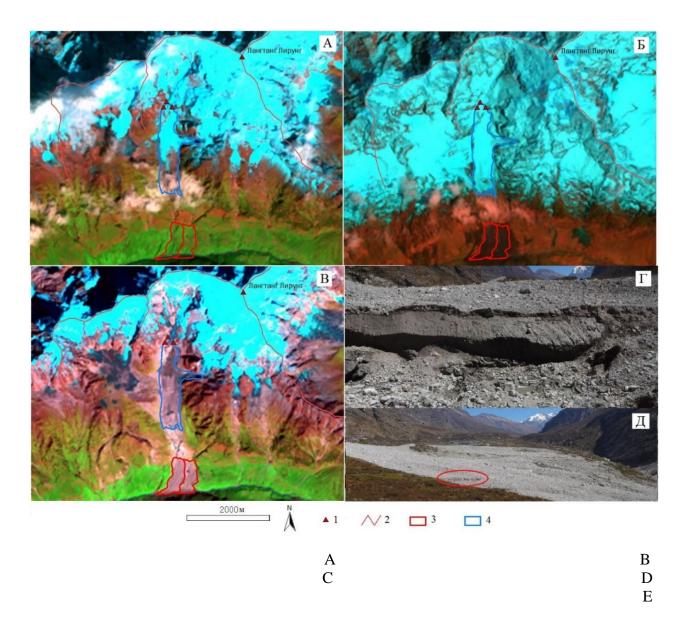


Рис. 7. Ледник Гхонне на космоснимке Landsat 8:

A-4 октября 2014 года; B-30 апреля 2015 года (за неделю до катастрофы);

B-7 октября 2015 года (спустя 6 месяцев после схода ледника);

 $\Gamma$  – октябрь 2017 года (осевшая часть выноса лавины вдоль русла реки ледника);

Fig. 7. Ghonne Glacier on Landsat 8 space image:

A - 4 October, 2014; B - 30 April, 2015 (a week before the disaster);

C-7 October, 2015 (6 months after the fall of the glacier);

D – October, 2017 (buried portion of the stem of an avalanche along the glacier river bed); E – general view of the cone of carrying out of glacier (fragment D is marked by oval)

#### выводы

Как и в южной Сибири, в Гималаях наблюдается сокращение ледников, которое происходит неравномерно. Динамика изменения ледников во всех районах схожа, хотя малые ледники в Гималаях сокращаются интенсивнее, а ледники Южной Сибири имеют меньшие темпы сокращения. Замечены схожие тенденции изменения ледника Азаровой в Кодаре и ледника Кхумбу; это требует дальнейшего наблюдения. Особую опасность с увеличением туристического потока и хозяйственной деятельности местного населения представляют пульсирующие ледники Гималаев, поведение которых непредсказуемо. Так же, как и после схода ледника Колки, даже при общем сокращении ледников у этих ледников отмечается повышенное накопление ледяной массы. Хотя у ледников есть свои особенности, но просматриваются общие тенденции — если в середине прошлого столетия цикл сокращения-стабилизации ледников составлял 40–50 лет, то в последние годы наблюдается неустойчивость в поведении ледников (нарушения циклов до 2–5 лет). Средняя скорость изменения площади рассматриваемых семи ледников в начале 1970-х годов составляла -0,176 км²/год, к началу 2000-х она замедляется до -0,123, а к настоящему времени — до +0,047. Однако у ледников Гхоне, Лирунг и особенно Перетолчина она увеличивается.

# БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено по программе фундаментальных научных исследований «Геоинформационное картографирование и математическое моделирование географической среды в условиях глобализации и воздействия на природные и социально-экономические процессы в Сибири и на сопредельных территориях» и при поддержке гранта РФФИ № 17-05-0040 «Динамика горных геосистем Байкальской территории под воздействием природных и антропогенных факторов».

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was performed under the program of fundamental scientific research "Geoinformation mapping and mathematical modelling of geographical environment in conditions of globalization and impact on the natural and socio-economic processes in Siberia and adjacent territories" and supported by the grant of RFBR No 17-05-0040 "Dynamics of mountain geosystems of the Baikal territory under the influence of natural and anthropogenic factors".

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. Т. 16. Вып. 1. Ч. 3–5. Вып. 2. Ч. 1. 64 с.
- 2. Каталог ледников СССР. Л.: Гидрометиздат, 1972. Т. 17. Вып. 2. Ч. 1. 44 с.
- 3. *Китов А.Д.*, *Плюснин В.М.* Особенности локальных гляциологических явлений в горных ландшафтах (на примере Байкало-Урумчинского трансекта). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы междунар. конф. Саратов, 24—26 июня, Урумчи, 29 июня 1 июля 2008 г. Саратов: Международная картографическая ассоциация, 2008. Т. 14, Ч. 1. С. 130—137.
- 4. Коваленко Н.В. Режим и эволюция малых форм оледенения. М.: МАКС Пресс, 2011. 240 с.
- 5. Котляков В.М., Хромова Т.Е., Носенко  $\Gamma$ .А., Попова В.В., Чернова Л.П., Муравьёв А.Я., Рототаева О.В., Никитин С.А., Зверкова Н.М. Современные изменения ледников горных районов России. М.: Товарищество научных изданий «КМК», 2015. 288 с.
- 6. *Котляков В.М., Чернова Л.П., Муравьёв А.Я., Хромова Т.Е., Зверкова Н.М.* Изменение горных ледников в Северном и Южном полушариях за последние 160 лет. Лёд и Снег, 2017. Т. 57. № 4. С. 453–467. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-453-467.
- 7. *Осипов Э.Ю.*, *Осипова О.П.*, *Клевцов Е.В.* Инвентаризация ледников Восточного Саяна по материалам космических съёмок. Лёд и Снег, 2017. Т. 57. № 4. С. 483–497. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-483-497.
- 8. Перетолчин С.П. Ледники хребта Мунку-Сардык. Известия Томского технического института. Томск: Типолитография Сиб. товарищества печатного дела, 1908. Т. 9. 60 с.
- 9. *Пластинин Л.А*. Дистанционно-картографическое изучение нивально-гляциальных комплексов горных районов Сибири (морфология и динамика ледников, снежников и наледей хребта Кодар в Забайкалье). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1998. 142 с.
- 10. *Bajracharya S.R.*, *Mool P.* Glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods in the Mount Everest region, Nepal. Annals of Glaciology, 2007. V. 50. No 53. P. 81–86.

- 11. *Higuchi K.*, *Watanabe O.*, *Fushimi H.*, *Takenaka S.*, *Nagoshi A.* Glaciers of Asia Glaciers of Nepal Glacier Distribution in the Nepal Himalaya with comparisons to the Karakoram Range. Satellite image atlas of glaciers of the World. U.S. Geological Survey Professional Paper 1386–F–6, 2015. P. 293–320. Электронный ресурс: https://pubs.usgs.gov/pp/p1386f/ (дата обращения 01.08.2018).
- 12. *IPCC*. Climate Change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. Ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. Cambridge, N.Y.: Intergovern. panel on climate change, 2007. 996 p.
- 13. *Kitov A.D.*, *Kovalenko S.N.*, *Plyusnin V.M.* The results of 100-year-long observations of the glacial geosystem dynamics in the Munku-Sardyk massif. Geography and Natural Resources, 2009. V. 30. No 3. P. 272–278. DOI: 10.1016/j.gnr.2009.09.012.
- 14. *Kitov A.D.*, *Plyusnin V.M.* The database and GIS analysis of the status of glaciation of the Kodar Mountains (Northern Transbaikalia). Geography and Natural Resources, 2017. V. 38. No 2. P. 181–187. DOI: 10.1134/S1875372817020093.
- 15. *Osipov E.Y., Osipova O.P.* Glaciers of the Levaya Sygykta River watershed, Kodar Ridge, southeastern Siberia, Russia: modern morphology, climate conditions and changes over the past decades. Environment Earth Sciences, 2015. V. 74. No. 3. P. 1969–1984. https://doi.org/10.1007/s12665-015-4352-4.
- 16. Shea J.M., Immerzeel W.W., Wagnon P., Vincent C., Bajracharya S. Modelling glacier change in the Everest region, Nepal Himalaya. The Cryosphere, 2015. V. 9. P. 1105–1128. DOI: 10.5194/tc-9-1105-2015.
- 17. Stepanova O.G., Trunova V.A., Sidorina A.V., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Petrovskii S.K., Krapivina S.M., Fedotov A.P., Rakshun Ya.V. Investigating bottom sediments from proglacial Lake Ehoy (Eastern Sayan Ridge) by means of SR-XRF. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. Allerton Press, Inc., 2015. V. 79. No 1. P. 118–121. DOI: 10.3103/S1062873815010311.
- 18. Wagnon P., Vincent C., Arnaud Y., Berthier E., Vuillermo, E., Gruber S., Ménégoz M., Gilbert A., Dumont M., Shea J. M., Stumm D., Pokhrel B. K. Seasonal and annual mass balances of Mera and Pokalde glaciers (Nepal Himalaya) since 2007. The Cryosphere, 2007. V. 7. P. 1769–1786. DOI: 10.5194/tc-7-1769-2013.

#### REFERENCES

- 1. *Bajracharya S.R., Mool P.* Glaciers, glacial lakes and glacial lake outburst floods in the Mount Everest region, Nepal. Annals of Glaciology, 2007. V. 50. No 53. P. 81–86.
- 2. *Higuchi K.*, *Watanabe O.*, *Fushimi H.*, *Takenaka S.*, *Nagoshi A.* Glaciers of Asia glaciers of Nepal Glacier Distribution in the Nepal Himalaya with comparisons to the Karakoram Range. Satellite image atlas of glaciers of the World. U.S. Geological Survey Professional Paper 1386–F–6, 2015. P. 293–320. Web resource: https://pubs.usgs.gov/pp/p1386f/ (accessed 01.08.2018).
- 3. IPCC. Climate Change 2007. The physical science basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. Ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. Cambridge, N.Y.: Intergovern. panel on climate change, 2007. 996 p.
- 4. *Kitov A.D.*, *Kovalenko S.N.*, *Plyusnin V.M.* The results of 100-year-long observations of the glacial geosystem dynamics in the Munku-Sardyk massif. Geography and natural resources, 2009. V. 30. No 3. P. 272–278. DOI: 10.1016/j.gnr.2009.09.012.
- 5. *Kitov A.D.*, *Plyusnin V.M.* Features of local glaciological phenomena in mountainous landscapes (the example of the Baikal-Urumqi Transect). InterCarto. InterGIS. Proccedindgs of International conference. Saratov, June 24–26, Urumqi, June 29 July 1, 2008. Saratov: International Cartographic Association, 2008. V. 14. P. 130–137 (in Russian, abs English).

- 6. *Kitov A.D.*, *Plyusnin V.M.* The database and GIS analysis of the status of glaciation of the Kodar Mountains (Northern Transbaikalia). Geography and Natural Resources, 2017. V. 38. No 2. P. 181–187. DOI: 10.1134/S1875372817020093.
- 7. Kotlyakov V.M., Chernova L.P., Muravyov A.Ya., Khromova T.E., Zverkova N.M. Changes of mountain glaciers in the Northern and Southern Hemispheres over the past 160 years. Ice and Snow, 2017. V. 57. No 4. P. 453–467. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-453-467 (in Russian).
- 8. Kotlyakov V.M., Hromova T.E., Nosenko G.A., Popova V.V., Chernova L.P., Muravyov A.Ya., Rototaeva O.V., Nikitin S.A., Zverkova N.M. Recent changes in the glaciers of mountain regions of Russia. Moscow: KMK Scientific Press Ltd., 2015. 288 p. (in Russian).
- 9. *Kovalenko N.V.* Mode and the evolution of small forms of glaciation. Moscow: MAKS Press, 2011. 240 p. (in Russian).
- 10. Osipov E.Y., Osipova O.P. Glaciers of the Levaya Sygykta River watershed, Kodar Ridge, southeastern Siberia, Russia: modern morphology, climate conditions and changes over the past decades. Environment Earth Sciences, 2015. V. 74. No 3. P. 1969–1984. DOI: 10.1007/s12665-015-4352-4.
- 11. Osipov E.Y., Osipova O.P., Klevtsov E.V. Inventory of glaciers in the Eastern Sayan on the basis of space surveys. Ice and Snow, 2017. V. 57. No 4. P. 483–497. DOI: 10.15356/2076-6734-2017-4-483-497 (in Russian).
- 12. *Peretolchin S.P.* Glaciers of the Munku-Sardyk Range. News of Tomsk Technical Institute. Tomsk: Typolithography of the Siberian printing partnership, 1908. V. 9. 60 p. (in Russian).
- 13. *Plastinin L.A.* Remotely-mapping study of nival-glacial complexes mountain regions of Siberia (the morphology and dynamics of glaciers, snow and ice of the Kodar ridge in the Trans-Baikal region). Irkutsk: IrSTU Publishing house, 1998. 142 p. (in Russian).
- 14. *Shea J.M., Immerzeel W.W., Wagnon P., Vincent C., Bajracharya S.* Modelling glacier change in the Everest region, Nepal Himalaya. The Cryosphere, 2015. V. 9. P. 1105–1128. DOI:10.5194/tc-9-1105-2015.
- 15. Stepanova O.G., Trunova V.A., Sidorina A.V., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Petrovskii S.K., Krapivina S.M., Fedotov A.P., Rakshun Ya.V. Investigating bottom sediments from proglacial Lake Ehoy (Eastern Sayan Ridge) by means of SR-XRF. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Physics. Allerton Press, Inc., 2015. V. 79. No 1. P. 118–121. DOI: 10.3103/S1062873815010311.
- 16. USSR Glacier Inventory. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1973. V. 16. Iss. 1. Part 3–5. Iss. 2. Part 1. 37 p. (in Russian).
- 17. USSR Glacier Inventory. Leningrad: Hydrometizdat, 1972. V. 17. Iss. 2. Part 1. 44 p. (in Russian).
- 18. Wagnon P., Vincent C., Arnaud Y., Berthier E., Vuillermo, E., Gruber S., Ménégoz M., Gilbert A., Dumont M., Shea J. M., Stumm D., Pokhrel B. K. Seasonal and annual mass balances of Mera and Pokalde glaciers (Nepal Himalaya) since 2007. The Cryosphere, 2007. V. 7. P. 1769–1786. DOI: 10.5194/tc-7-1769-2013.

УДК 528.8:551

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-161-174

# В.И. Кравцова<sup>1</sup>, А.Н. Инюшин<sup>2</sup>

# ПРИРОДНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ДЕЛЬТЫ ЛЕНЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЕЁ МОРСКОГО КРАЯ

#### **АННОТАЦИЯ**

История формирования дельты Лены в позднем голоцене хорошо изучена палеогеографическими методами. Попытки исследования динамики современной дельты по разновременным топографическим картам и аэрофотоснимкам за период 1950-1991 годов показали отсутствие изменений. В настоящей работе выполнено исследование динамики морского края дельты за временной интервал с конца XX века по настоящее время по космическим снимкам, главным образом, со спутника Landsat. При большой протяжённости морского края дельты более чем на 1 500 км и её сложном строении характер берегов неодинаков и динамические процессы на разных участках могут быть различными. Учитывая это, для исследования динамики морского края мы выполнили природное районирование дельты на основе топографических и геоморфологических карт и космических снимков, принимая во внимание морфологию речных рукавов дельты, их ширину и густоту сети, характер их устьев, рельеф поверхности дельты, растительный покров и ландшафты в целом. На основе этого районирования морской край дельты был разделен на 7 участков и изменения исследовались для каждого из них. Из-за сложных погодных условий, необходимости в безоблачных снимках на конец лета, временной период исследования для отдельных участков был не одинаков. В результате анализа разновременных снимков на 97 % протяженности морского края дельты изменения не были обнаружены, но для 3 % выявлены изменения и составлены карты динамики. В западной части дельты Лены в устье Оленёкского рукава, где ранее сформировалась небольшая локальная дельта выдвижения, в 1980–2003 годах происходил размыв морского края и отступание берега со скоростью 20-30 м/год. Мелководья вокруг этой дельты также размывались и материал размыва переносился вдольбереговым течением. В северной части дельты, вблизи устьев Туматских проток обнаружено неустойчивое положение береговой линии с чередованием её выдвижения и отступания, а в северо-восточной части дельты на небольшом прямолинейном участке берега зафиксирован его размыв со среднегодовым отступанием в 2005-2016 годах 15-30 м/год. Все обнаруженные изменения относятся к участкам выхода к морю рукавов, получающих меньшую долю стока Лены. У выхода рукавов с наибольшим водным стоком, так же как на участке включённой в дельту морской террасы, изменений не произошло. Нигде не обнаружено выдвижение дельты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дельта, динамика, космические снимки, размыв, аккумуляция

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: **stormy94@mail.ru** 

# Valentina I. Kravtsova<sup>1</sup>, Aleksandr N. Inyushin<sup>2</sup>

# NATURAL ZONING OF THE DELTA OF LENA RIVER FOR THE RESEARCH OF THE DYNAMICS OF ITS SEA EDGE

#### **ABSTRACT**

History of the delta of Lena River forming in Last Holocene had been clear investigated by pale geographical methods. Undertaking of modern delta dynamics investigation by multitemporal topographic maps and air photos for 1950–1991 had shown the absence of changes. In this work we have created investigation of delta's sea edge changes for the next time interval from the end of XX century to recent time by space images, mainly from Landsat satellite. At big prolongation of delta's sea edge for more than 1500 km and its complex construction, shores have various character and dynamic processes at various sections may be different. To take it in account, for investigation of delta's sea edge dynamics, we have created the division of delta surface into natural regions at the base of topographic and geomorphologic maps and satellite images, taking attention to morphology of river branches – their wideness and density of network, character of their mouths, relief of delta surface, vegetation cover and landscapes at whole. In connection with this regionalization the delta sea edge was divided into 7 sections, and changes had been investigated for every of them. Because of weather conditions and necessity of images without clouds for the end of summer, time interval for investigations in different sections was various. As result of multitemporal images analyzing at 7 sections for 97 % of delta's sea edge changes were not discovered, but for 3 % changes were investigated and maps of delta dynamics were compiled. In the Western part of the delta of Lena River, at mouth of Olenyok branch, where small local protruding delta was formed, in 1980-2003 erosion of sea edge took place and shore line retreat with middle year velocity 20-30 m/year. Shallows around this delta also eroded and sediments were moved with alongshore stream. In the Northern part of the delta, near mouths of Tumatskie branches, unstable position of shore line was discovered with alternation of it seaward and landward moving. At the Northern-Eastern part of the delta, at small rectilinear section of shore, its erosion in 2005–2016 was fixed with middle year retreat 15-30 m/year. All discovered changes are connected with mouths of branches, taking the lesser share of the Lena River water runoff. At regions with mouths of branches, taking the most part of water run off, there are no changes, so as at shore of sea terrace, included into delta. Delta protruding was not found anywhere.

**KEYWORDS**: delta, dynamics, satellite images, erosion, accumulation

# **ВВЕДЕНИЕ**

Дельта Лены – крупнейшая в России (и вторая по величине после Миссисипи в мире), площадью около 30 тыс. км², за последние 5–7 тыс. лет (во второй половине голоцена) выдвинулась в море Лаптевых на 120–150 км. За это время наносы реки заполнили образовавшийся в максимальную фазу послеледниковой трансгрессии приустьевой залив, причленив к суше крупный островной участок абразионной морской террасы и острова едомы – приморской равнины, сложенной ледовым комплексом [Эстуарно-дельтовые..., 2007]. Это определило сложное морфологическое строение дельты. Аккумулятивный конус её восточной части образован густой сетью радиально расходящихся рукавов – Быковской протоки, ответвляющейся от главного русла на юго-восток, Трофимовской протоки – на восток и северо-восток, Туматской – на север, а также отходящей на запад Оленёкской протоки.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lomonosov Moscow state University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **valentinamsu@vandex.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lomonosov Moscow state University, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail*: **stormy94@mail.ru** 

Западная часть дельты между северными и западными рукавами не создана речной аккумуляцией и генетически представляет собой инородное дельте тело — включённую в неё абразионную морскую террасу; таковы же и останцы едомы, сохранившиеся в виде островов между рукавами дельты.

История развития и динамика дельты в позднем голоцене хорошо изучена по российско-германскому проекту «Природная система моря Лаптевых» [Большиянов и др., 2013] и отражена на составленных геоморфологических картах [Коротаев, 2012; 2017]. Однако никаких картографических материалов о современной динамике дельты и её морского края нет.

Попытка количественного определения изменений во второй половине XX века была предпринята сотрудниками российско-германской группы на основе сравнения разновременных топографических карт масштабов 1:200 000, 1:100 000, 1:25 000, аэроснимков 1:30 000–1:70 000 и космических снимков за период 1951–1991 годов на ключевых участках, однако при этом выявить изменения в морфологии и геометрии берегов не удалось [Rachold et al., 2000]. Это свидетельствует об очень малой изменчивости берегов дельты, возможно, о её стабильности в этот период.

Характер и тенденции изменений морского края дельты зависят от типа берегов. Имеющиеся карты типов берегов в работах российско-германской экспедиции [Are, 1998] относят к медленно отступающим термоабразионным берегам побережье западной части дельты, где береговая линия ограничивает абразионную морскую террасу, и к выдвигающимся аккумулятивным берегам – восточную часть дельты с устьями Быковской, Трофимовской, Туматской проток. Близкая картина дана и в Атласе морфодинамики устьевых систем крупных рек Арктического побережья России. Однако более детальная карта типов берегов моря Лаптевых в монографии по геоэкологическому состоянию арктического побережья России [Лукьянова, Соловьёва, 2007] относит берега включённой в дельту абразионной морской террасы к аккумулятивным лагунным (западный край, ограниченный протяжённым баром) и к пляжевым (северный край). Берега остальной части дельты отнесены к аккумулятивным дельтовым. И лишь небольшие участки термоабразионных берегов показаны в местах выхода к морскому краю останцов едомы (ледового комплекса) в районе устья Оленёкской протоки и на полуострове Быковском. Таким образом на протяжении морского края дельты возможны разнонаправленные процессы аккумуляции и абразии; однако разные исследователи неоднозначно указывают участки их распространения.

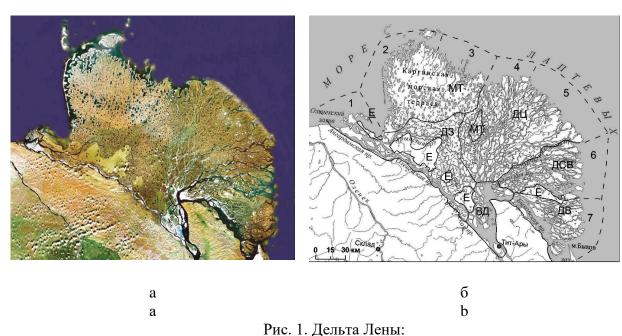
К этой неясности добавляются противоречивые взгляды на аккумуляцию приносимых рекой наносов в дельте. Суммарные потери взвешенных наносов в дельте по данным лаборатории русловых процессов МГУ оценивались в 83–90 % [Alabyan et al., 1995]. В последующих оценках доля осаждаемых наносов уменьшилась. В.Н. Коротаев [2012] считает, что лишь 30 % твёрдого стока Лены выносится в море, а остальной материал аккумулируется в дельте. Однако, по наблюдениям российско-германской экспедиции, отсутствие естественных береговых валов вдоль водотоков в приморской 15–30-километровой зоне дельты, отсутствие перекрытия поверхности грязевыми отложениями, очень чёткое соответствие деталей поверхности на современных снимках и картах 45–50-летней давности свидетельствуют о том, что большая часть приносимых рекой взвешенных наносов достигает моря [Rachold et al., 2000]. На основе анализа мутности речных вод, приведённой к многолетнему периоду, а также с учётом изменения спектральной яркости водной поверхности по космическим снимкам, выполнено уточнение суммарных потерь взвешенных наносов в дельте до величины 40–65 % [Магрицкий и др., 2018].

Попыток выявления динамики морского края дельты после 1991 года не предпринималось. Между тем, качество космических снимков с этого времени улучшилось, на спутниках Landsat используются новые каналы съёмки: канал в среднем инфракрасном диапазоне обеспечивает чёткое разделение воды и суши; канал в ближней синей зоне спектра предназначен для отображения мелководных объектов. С 2000-х годов стали получать

снимки очень высокого — метрового и субметрового разрешения со спутников Ikonos, QuickBird, GeoEye. Это побудило нас попытаться выявить наличие изменений морского края дельты Лены и в случае их обнаружения определить их количественно за следующий временной интервал — с конца XX века до настоящего времени, что и составляет задачу работы.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Слабая изменчивость дельты требует особо тщательного подбора материалов. Трудности подбора снимков связаны со многими ограничениями. Период после завершения весеннего половодья и до ледостава и покрытия снежным покровом всего один месяц. Получение безоблачных снимков для всей площади дельты за столь малый период проблематично. Приходится выбирать безоблачные фрагменты снимков, используя для разных участков морского края дельты снимки за разные временные интервалы.



a) Снимок со спутника Landsat 2001;

б) Схема природных районов (буквенные индексы поясняются в статье) и разделение морского края на участки для исследования динамики Fig. 1. The Lena River delta:

a) Landsat image 2001;

b) Scheme of nature regions (letter indices are explained in the article) and division of sea edge into sections to study the dynamics

Наиболее подходящими для исследования представляются имеющиеся в открытом доступе снимки со спутников Landsat 7, 8 с разрешением 30 м для многозональных снимков и 15 м для панхроматических, имеющие важные для дешифрирования береговой зоны каналы. На снимках в ближнем синем канале (0,43–0,45 мкм), благодаря лучшему проникновению солнечных лучей в водную толщу, отображаются отмели. Снимки в среднем инфракрасном канале (2,08–2,35 мкм) обеспечивают чёткое разделение воды и суши. Опробованы также снимки со спутника Sentinel 2A в видимом диапазоне как наиболее походящие по разрешению 10 м, и снимки с этого же спутника в радиодиапазоне, как не зависящие от условий облачности. Но в связи с появлением лишь в 2012 году они используются лишь для более детального анализа современной ситуации, но не для определения изменений. С целью расширения временного интервала исследования на 1980-е годы использованы также

панхроматические снимки высокого разрешения (8 м) с американского разведывательного спутника KeyHole.

Для каждого из 7 исследуемых участков дельты Лены удалось подобрать от 2 до 7 разновременных снимков, и из них необходимо было выбрать наиболее подходящие для исследования динамики. По возможности использовались снимки, полученные в сходных погодных условиях, поскольку даже средний по силе, но устойчивый ветер мог вызвать заметное изменение береговой линии в результате обнажения или погружения под воду участков отмелей. Поэтому для каждого снимка учитывались погодные условия в момент съёмки — направление ветра, его средняя и максимальная скорость, а также устойчивость. В качестве источника перечисленных важных метеорологических данных использовалась автоматизированная информационная система обработки режимной информации (АИ-СОРИ) ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», где доступен архив погоды по всем метеостанциям России. Для дельты Лены использовалась метеостанция Тикси, как самая ближайшая.

Дельта Лены, огромная по площади, имеет морской край длиной 1 547 км, на протяжении которого характер берегов меняется. Поэтому на первом этапе выполнено природное районирование дельты с выделением районов, в пределах которых можно было ожидать проявления определённых тенденций динамики (рис. 1). В соответствии с этим морской край разделён на 7 участков. Сопоставление разновременных снимков выполнено последовательно на каждом участке по всему морскому краю, но фиксация результатов сопоставления в виде схем динамики потребовала работы в более крупном масштабе 1:100 000 и выполнена для эталонных участков.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

# Природное районирование территории дельты

Природное районирование территории дельты проведено на основании детального анализа космических снимков в информационной системе GoogleEarth, а также с учётом геоморфологических карт дельты Лены, составленных В.Н. Коротаевым [Коротаев, 2012; 2017; Эстуарно-дельтовые..., 2007], схемы геоморфологического строения устьевой области Лены М.Н. Григорьева [1993], геоморфологической карты А.С. Макарова и карты земных покровов дельты, составленной по космическим снимкам в монографии [Большиянов и др., 2013], а также приводимых в этих работах описаний поверхности. При выделении районов учитывался генезис отдельных участков дельты, морфология речных рукавов дельты, их ширина и густота сети, характер устьев, типы и формы рельефа поверхности, развитие рельефообразующих процессов, растительный покров и ландшафты в целом. На схеме (рис. 1 б) выделенные природные районы обозначены буквенными индексами (ВД – вершина дельты; ДЦ – центральная часть дельты; ДСВ, ДВ, ЗД – северо-восточная, восточная и западная части дельты; МТ – морская терраса, включённая в дельту; Е – останцы едомы). Охарактеризуем эти районы.

# ВД. Привершинный участок дельты

Распространяется на 50 км ниже первого дельтового разветвления — урочища Тит-Ары, где от основного русла отделяется первый левый рукав — Булкурская протока, теперь имеющая признаки отмирания. Участок включает расширение русла между Хараулахским хребтом, ограничивающим дельту с востока, хребтом Чекановского — с юга и останцом приморской равнины (едомы) — с запада. Основной поток Лены здесь расширяется до 7–8 км. Основная часть района представляет собой преобладающие по площади песчаные отмели и осерёдки, а также дельтовые острова — участки старой дельтовой поймы высотой 5–10 м, незаливаемая поверхность которой закреплена осоковой и мохово-кустарничковой тундровой растительностью и осложнена термокарстовыми западинами; отдельные острова представляют собой фрагменты едомы. Острова разделены густой сетью межостровных проток, которые в межень разобщаются на отдельные плёсы.

#### ДЦ. Центральная часть дельты

Центральная часть основного дельтового конуса выдвижения в море – конус выноса дельтовых рукавов Туматской протоки и левых рукавов Трофимовской протоки. Район охватывает центральную часть дельтового конуса, ограниченную абразионной морской террасой с запада и протокой Трофимовской с востока. Характерна исключительно густая сеть относительно нешироких сильно ветвящихся рукавов с вытянутыми в северном направлении дельтовыми островами преимущественно молодой поймы высотой до 3 м, ежегодно заливаемой в половодье или при нагонах и паводках, с полигональным крупноячеистым рельефом и водонасыщенной поверхностью с осоковым и моховым растительным покровом. Меньшую площадь занимают острова зрелой дельтовой поймы высотой 3-5 м, с полигонально-валиковым микрорельефом, кустарничковой тундровой растительностью и проявлением термокарстовых процессов – густой сетью небольших термокарстовых озёр. В верхней зоне водотоков этого района широко развиты современные русловые формы, песчаные отмели и осерёдки. Для этого центрального района выдвижения дельты в море характерны небольшие устьевые расширения впадающих в море рукавов и в целом округлый контур дельты выдвижения, иногда с причленёнными морскими формами аккумуляции. Северо-восточная часть морского края дельты в пределах этого района приобретает прямолинейные очертания. В прибрежной полосе суши шириной 5-7 км, согласно последней карте В.Н. Коротаева [2017], заметные площади занимают участки позднеголоценовой морской террасы. Западная часть района включает также останцы абразионной морской террасы, по поверхности которой проложила своё русло Малая Туматская протока.

#### ДСВ. Северо-восточная часть дельты

Северо-восточная часть основного дельтового конуса выдвижения в море – конус выноса дельтовых рукавов Трофимовской и Сардахской проток. Район ограничивают с севера левая Трофимовская, а с юга Сардахская протока с её правыми ответвлениями и останец едомы. Характерна сеть широких полноводных рукавов с массой мелких островов и осерёдков; рукава заканчиваются в море значительными устьевыми расширениями, представляющими собой арену действия сгонно-нагонных процессов. В приморской зоне шириной 20-30 км сформированы острова молодой (низкой) поймы высотой до 3 м, ежегодно заливаемой в половодье и при нагонах, с переувлажнённым субстратом и полигональным микрорельефом, с поверхностью, слабо закрепленной осоковой растительностью. Выше по течению преобладают острова зрелой поймы высотой 3-5 м и старой незаливаемой поймы высотой 5–10 м, где полигональный рельеф, характерный для молодой поймы, деградирует и широко развиты термокарстовые процессы, распространены термокарстовые озёра и аласные котловины. Эти острова покрыты типичной тундровой мохово-осоковой и кустарничковой растительностью; широко развиты торфяники. В прибрежной зоне моря, расчленённой устьевыми расширениями водотоков, дельта имеет мелколопастной характер, а на устьевом взморье в продолжениях наиболее крупных рукавов, согласно карте В.Н. Коротаева [2012], широко развиты далеко выдвинутые в море устьевые бары.

#### ДВ. Восточная часть дельты

Восточная часть дельтового конуса — дельта выполнения залива наносами крайнего левого дельтового рукава — протоки Быковской. Район ограничен с севера останцом едомы, а с юга — Приморским кряжем, представляющим собой нижнюю часть северо-восточного склона Хараулахского хребта. Существовавшая здесь к началу голоцена обширная полузамкнутая акватория залива постепенно заполнялась наносами потока, направленного вначале вдоль левобережных обрывов едомы, а потом переместившегося к Приморскому кряжу. В приморской части стали формироваться две многорукавные дельты выдвижения; одна из них, более северная, выдвигалась в существовавший ранее залив, а вторая — в залив Неёлова, где полуостров Быковский блокирует современное устье. Возраст этих дельт по определениям российско-германской экспедиции — 1 500—500 лет [Большиянов и др., 2013]. Соответственно приморские дельтовые острова этого района представляют собой молодую

пойму (по В.Н. Коротаеву — позднеголоценовую аллювиально-морскую дельтовую равнину) высотой до 2 м, ежегодно заливаемую, с переувлажнённым грунтом и осоковым покровом либо лишенную растительности. Выше по течению образовались более высокие (5—10 м) дельтовые острова, представляющие собой надпойменную террасу с термокарстовым рельефом и торфяниками, покрытую мохово-кустарничковой тундровой растительностью. Морской край этого участка дельты включает серию выдвинувшихся в залив островов.

#### ЗД. Западная часть дельты

Западная часть дельты с протоками Оленёкской и Арынской. Район Арынской протоки, включающий территорию между абразионной морской террасой на севере и останцами едомы на юге, формировался при заполнении заливов между ними 5–4 тысячи лет назад и представляет собой преимущественно старую (высокую) дельтовую пойму — надпойменную террасу высотой 5–10 м с обилием озёр, как пойменных, так и термокарстовых, а также аласов на месте спущенных термокарстовых озёр с байджерахами в котловинах; все эти формы образуют очень густую сеть. Поверхность надпойменной террасы покрыта тундровой мохово-кустарничковой растительностью; в котловинах спущенных термокарстовых озёр — аласах — встречаются торфяники, а вдоль русел водотоков развита мохово-осоковая растительность. Таков же характер растительности вдоль Оленёкской протоки, которая, соединяясь с Арынской, образует в приморской части дельту выполнения эстуарных заливов Арынского и Оленёкского. Бывший долинный залив практически выполнен речными отложениями и несколько проток, впадающих в Оленёкский залив моря Лаптевых, протекают на нижнем 10–15-километровом приморском участке среди массивных песчаных отмелей. На взморье они формируют мелководные устьевые бары.

#### Е. Останцы едомы

Останцы приморской равнины, сложенной ледовым комплексом, так называемой едомы, оказавшиеся включёнными в дельту благодаря заполнению речными отложениями долинных заливов, происходившему 5—4 тысячи лет назад. Представляют собой возвышающиеся над дельтовыми островами относительно выровненные поверхности высотой 35—45, до 60 м, с мерзлотным микрорельефом и густой сетью солифлюкционного и эрозионного расчленения, с отдельными крупными термокарстовыми озёрами и аласами с байджерахами. Поверхность покрыта влажной травянистой и моховой тундровой растительностью. Дельтовых водотоков на поверхности едомных останцов нет, но они сами образуют в дельте острова суши между омывающими их водотоками. К морскому краю дельты едомные останцы не выходят, за исключением небольшого участка побережья Оленёкской дельты и берегов полуострова Быковского юго-восточнее дельты.

# МТ. Морская терраса, включённая в дельту

Морская абразионная терраса высотой 20–22 м, оказавшаяся включённой в контур дельты благодаря заполнению речными отложениями долинных заливов 5–4 тысячи лет назад. В работах В.Н. Коротаева она называется каргинской морской абразионной террасой, у других авторов принято, как и на топографических картах, название о. Арга-Муора-Сисе. Характерную особенность поверхности составляет густая сеть овальных термокарстовых озёр и аласов, чётко ориентированных в северном направлении по продольным ложбинам. Песчаная поверхность морской террасы слабо освоена растительностью — сухой моховоосоково-кустарничковой тундровой; встречается кочкарная тундра.

#### Г. Горное окружение дельты

Дельту окружают структурно-денудационные низкие горы с кустарничковой тундровой растительностью.

#### О. Острова

Помимо охарактеризованных природных геосистем, в дельту оказались включёнными отдельные острова, представляющие собой останцы коренных пород (о-ва Столб, Америка-Хайя и др.).

#### Изменения участков морского края дельты

Для анализа динамики морского края дельты, который при значительной протяженности входит в различные по генезису, возрасту, преобладающим процессам районы дельты, на основе выполненного природного районирования береговая линия разделена на генетически однородные участки, в пределах которых можно ожидать определённых тенденций развития берега и различных типов динамики. На протяжении морского края дельты выделено 7 участков, показанных на рис.1 б и пронумерованных с запада на восток.

- 1. Юго-западный участок № 1, приустьевая область Оленёкской и Арынской проток. Эти протоки, соединяясь, образуют дельту выполнения Оленёкского эстуарного залива, восточная часть которого носит название залива Куба (рис. 2 а). По морфологическим признакам в приустьевой области проявляется отложение наносов (1) и можно было бы ожидать нарастания дельтовых островов (2) и выдвижения этой части дельты в море. Однако при сравнении разновременных снимков 1980–2015 годов, напротив, обнаружен размыв выступающих в море отмелых островов с отступанием береговой линии на 500–700 м (рис. 2 б). Учитывая, что размыв произошёл фактически за период 1980–2003 годов, среднегодовая скорость отступания составила 20–30 м в год). Материал размыва образует отмели (3 на рис. 2 а) и переносится вдольбереговым течением в залив Куба; шлейф выноса за эти годы расширился и переместился к востоку на 500–600 м (рис. 2 в). Таким образом, на небольшом участке Оленёкской дельты сосредоточены процессы размыва и аккумуляции материала. В северной части этой дельты на небольшом протяжении к берегу выходит останец едомы (ледового комплекса) (4 на рис. 2 а), где можно было бы ожидать развития термоабразии и отступания берега. Однако никаких изменений здесь не произошло.
- 2. Западный участок № 2 (рис. 3), где в пределы дельты включён останец морской абразионной террасы с термокарстовым рельефом, дельтовых водотоков нет и действуют не речные, а морские процессы. Дельту окаймляет вдольбереговой бар, отчленяющий лагуну с изрезанным внутренним берегом, на котором термокарстовые котловины превратились в овальные заливы. За баром со стороны суши тянется песчаная отмель шириной 1–2 км; широкие (500 м) песчаные пляжи окаймляют и заливы, и выступы лагунного берега. Несмотря на наличие легко перемещаемого материала, образовавшийся здесь рельеф оказывается весьма стабильным. Ранее было зафиксировано неизменное положение берегового бара за 1969–2001 годы [Grigoriev et al., 2002]. Выполненное нами сравнение космических снимков за 2000–2017 годы также не выявило изменений на этом участке.
- 3. На северо-западном участке № 3, также относящемся к останцу морской абразионной террасы и расчленённом ингрессионными заливами, образовавшимися по понижениям с термокарстовыми озёрами, изменений тоже не выражено. Стабилизации морского края способствует быстрое современное промерзание накапливающихся в береговой зоне отложений [Григорьев, 1993].
- 4. Для северного участка № 4 Туматской части дельтового конуса характерен округлый выпуклый контур дельты с причленёнными морскими формами аккумуляции, направленными вдоль берега. На снимках за разные годы эти формы то появляются, то исчезают, меняя положение береговой линии. В исследуемый период наблюдалось и выдвижение береговой линии более чем на 100 м, и её отступание до 450 м. Это связано с влиянием сгонно-нагонных ветров и состоянием моря в момент получения снимков, но не отражает долговременной динамики дельты.
- 5. Северо-восточный участок № 5 область развития левых рукавов Трофимовской протоки, с менее густой по сравнению с остальной дельтой сетью относительно нешироких рукавов. Этот участок морского края дельты прямолинеен и ориентирован с СЗ на ЮВ так же, как и вдольбереговой поток наносов. Некоторые исследователи [Большиянов и др., 2013] считают, что прямолинейность этого участка берега указывает на его абразионный характер и срезание берега вдольбереговым течением. При сравнении береговой линии этого района в 2005 и 2016 годах, действительно, обнаружен небольшой размыв берега на

локальном участке морского края протяжённостью 5–10 км (рис. 4). Береговая линия отступила здесь на 150–300 м; среднегодовое отступание составляет 15–30 м/год.

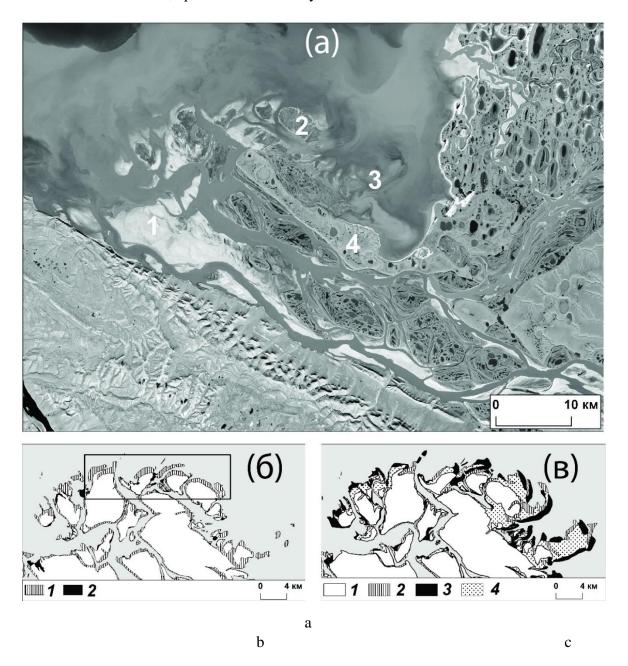


Рис. 2. а) Локальная Оленёкская дельта в западной части дельты Лены (участок №1) на снимке со спутника Landsat (цифры поясняются в тексте). Рамкой выделена часть дельты, в которой выполнены количественные определения динамики б) Динамика Оленёкской дельты за 1980–2015 годы: 1 – размыв; 2 – прирост дельты в) Динамика отмелей вокруг Оленёкской дельты: 1 – границы дельты; 2 – размыв отмелей; 3 – нарастание отмелей; 4 – поверхность сохранившихся отмелей Fig. 2. а) Local Olenyok delta at the Western part of the Lena River delta (section No 1) in the Landsat satellite image (the numbers are explained in the paper). The frame highlights a part of the delta in which quantitative determinations of the dynamics are made b) Dynamics of Olenyok delta for 1980–2015: 1 – erosion; 2 – accumulation c) Dynamics of shallows around Olenyok delta: 1 – delta's boundaries; 2 – shallows erosion; 3 – shallows accumulation; 4 – surface of the preserved shallows

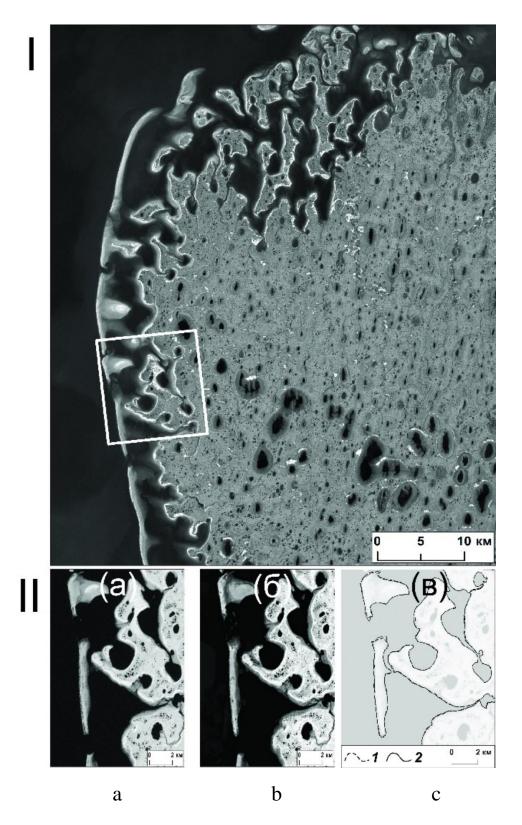


Рис. 3. І. Западный берег морской террасы Арга-Муора-Сисе (участок № 2) на снимке со спутника Sentinel

II. Фрагменты участка на снимках со спутника Landsat:

а) 2001; б) 2017; в) береговые линии за эти годы

Fig. 3. I. The Western shore of sea terrace Arga-Muora-Sise (section No 2) at Sentinel image II. Fragments of the section in the Landsat satellite image:
a) 2001; b) 2017; c) shorelines over these years

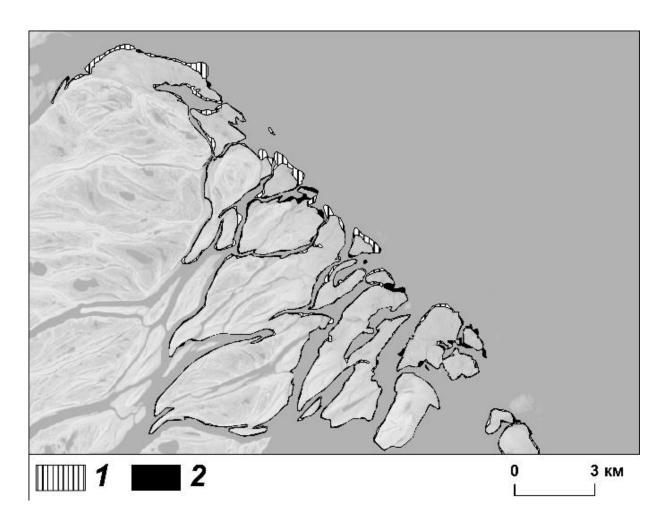


Рис. 4. Северо-восточная часть дельты Лены с устьями рукавов Трофимовской протоки (участок № 5). Динамика небольшого участка за 2005–2016 годы:

1 -размыв; 2 -аккумуляция

Fig. 4. The Northern-Eastern part of the Lena River delta with the mouths of the sleeves of the Trofimovskaya channel (section No 5). Dynamics of small area for 2005–2016: 1 – erosion; 2 – accumulation

- 6. Восточная часть дельты Лены участок № 6 между устьями Трофимовской и Сардахской проток, наиболее широких и многоводных, поглощающих до 65 % стока Лены. Береговая линия этого участка значительно изрезана устьевыми расширениями рукавов и дельтовыми лопастями между ними. Несмотря на сильную изрезанность, положение береговой линии в многолетнем плане за исследуемый период неизменно, участок стабилен.
- 7. Юго-восточная часть дельты участок № 7 арена действия рукавов многоводной Быковской протоки, принимающей на себя 25,1 % стока Лены [Магрицкий и др., 2018]. Быковская протока заполнила своими наносами существовавший в начале голоцена залив, а после поворота русла в южном направлении продолжает заполнение современного залива Неёлова, отгороженного полуостровом Быковским [Коротаев, 2012]. При анализе разновременных космических снимков важно было проверить, продолжается ли выдвижение этой части дельты в условиях потепления климата и подъёма уровня моря. Однако оказалось, что этот участок очень стабилен; за 43 года существенных изменений в положении береговой линии не зафиксировано. Очевидно, большой объём стока при достаточно высоких скоростях течения не способствует отложению наносов в береговой зоне и морской край дельты оказывается неизменившимся.

#### выводы

Таким образом, несмотря на характерную для арктических побережий в условиях потепления активизацию абразионных процессов (за счёт развития термоабразии и термоденудации на берегах, сложенных ледовым комплексом), крупнейшую в России дельту Лены отличает высокая стабильность. На большей части её морского края изменений с конца XX в. по настоящее время не произошло. Большой объём стока воды приводит к преобладанию воздействия речных факторов над морскими при формировании ее дельты.

Участки морского края дельты вблизи устьев многоводных Трофимовской и Быковской проток, получающих 62,3 % и 25,1 % стока соответственно [Магрицкий и др., 2018], оставались в исследуемый временной интервал неизменными. Не обнаружено изменений и на морском крае причленённой к дельте абразионной морской террасы Арга-Муора-Сисе. Эти стабильные участки берега дельты Лены составляют 97 % протяжённости её морского края.

В то же время неравномерность распределения стока по рукавам дельты обусловливает наличие небольших изменений на 3 % морского края дельты, то есть на протяжении 46 км. Эти изменения относятся к районам устьев рукавов, получающих минимальную долю стока Лены – Оленёкской (6,4 %) и Туматской (6,2 %) проток.

В западной части дельты, в устье Оленёкской протоки хорошо выражены формы аккумуляции, выдвинувшие в прошлом частную Оленёкскую дельту в залив на 10–15 км. С 1980-х годов выдвижения не происходило, и напротив, снимки свидетельствуют о небольшом размыве морского края, отступании береговой линии на 500–700 м за 1980–2003 годы со скоростью 20–30 м/год, с одновременным перемещением продуктов размыва вдольбереговыми течениями в восточном направлении, в залив Куба, образованием там отмелей и их последующим расширением и перемещением к берегу.

В северной части дельты, в районе устьев Туматской протоки, на выпуклом участке берега с причленёнными морскими формами с 2000 года наблюдалось неустойчивое положение этих форм, их появление на поверхности и погружение под воду, с колебаниями положения береговой линии на 100–400 м; возможно, такое чередование происходило в зависимости от изменений объёма стока. На прямолинейном северо-восточном участке берега наблюдается размыв вдольбереговым течением узкой полосы берега на протяжении 10 км с отступанием береговой линии на 150–300 м за 2005–2016 годы со среднегодовой скоростью 15–30 м/год.

Таким образом, все выявленные минимальные изменения связаны с относительно слабым размывом на небольших отрезках берега или неустойчивым положением локальных участков и нигде не обнаружено приращения дельты.

### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ; проекты № 16-05-00288, № 18-05-60221.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was supported by RFBR; projects No 16-05-00288, No 18-05-60221.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Большиянов Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г.* Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ (Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт), 2013. 268 с.
- 2. Григорьев М.Н. Криоморфогенез устьевой области р. Лены. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН, 1993. 176 с.

- 3. *Коротаев В.Н.* Дельтовая система Лены. Атлас: Морфодинамика устьевых систем крупных рек Арктического побережья России. М.: Географический факультет МГУ, Институт океанологии РАН, 2017. С.111–116.
- 4. Коротаев В.Н. Очерки по геоморфологии устьевых и береговых систем. Избранные труды. М.: Географический факультет МГУ, 2012. 540 с.
- 5. Лукьянова С.А., Соловьёва Г.Д. Берега Карского моря и моря Лаптевых. Геоэкологическое состояние арктического побережья России и безопасность природопользования. М.:  $\Gamma$ EOC, 2007. С. 492–495.
- 6. *Магрицкий Д.В., Айбулатов Д.Н., Горелкин А.В.* Закономерности пространственно-временной изменчивости стока на предустьевом участке и в дельте р. Лены. Водные ресурсы, 2018. Т. 45. № 1. С. 15–29.
- 7. Эстуарно-дельтовые системы России и Китая. Гидролого-морфологические процессы, геоморфология и прогноз развития. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.
- 8. *Alabyan A.M., Chalov R.S., Korotaev V.N., Sidorchuk A.Yu., Zaitsev A.A.* Natural and technogenic water and sediment supply to the Laptev sea. Berichte zur Polarforschung, 1995. No 176. P. 265–271.
- 9. Are F.E. The contribution of shore thermoabrasion to the Laptev Sea sediment balance. Permafrost Seventh International Conference (Proceedings). Yellowknife (Canada): Collection Nordicana, 1998. No 55. P. 25–30.
- 10. Grigoriev M.N., Are F.E., Hibberten H.-W., Rasumov S.O., Schneider W. Pecularities of coastal processes and shoreline dynamics of the accumulative-erosive coastal system in the northwest of the Lena Delta. Ber. Polar und Meeresforsch, 2002. No 426. P. 64–70.
- 11. Rachold V., Grigoriev M., Are F., Solomon S., Reimnitz E., Kassens H., Antonow M. Coastal erosion vs riverine sediment dischardge in the Arctic Shelf seas. International Journal of Earth Sciences, 2000. V. 89. P. 450–460.

#### **REFERENCES**

- 1. Alabyan A.M., Chalov R.S., Korotaev V.N., Sidorchuk A.Yu., Zaitsev A.A. Natural and technogenic water and sediment supply to the Laptev sea. Berichte zur Polarforschung, 1995. No 176. P. 265–271.
- 2. *Are F.E.* The contribution of shore thermoabrasion to the Laptev Sea sediment balance. Permafrost Seventh International Conference (Proceedings). Yellowknife (Canada): Collection Nordicana, 1998. No 55. P. 25–30.
- 3. *Bolshiyanov D.Yu., Makarov A.S., Shnaider V., Shtof G.* Origin and development of the Lena River delta. St. Peterburg: AARI (Arctic and Antarctic Research Institute), 2013. 268 p. (in Russian).
- 4. Estuarine-deltaic systems of Russia and China: hydrological-morphological processes, geomorphology and prediction of evolution. Moscow: GEOS, 2007. 445 p. (in Russian).
- 5. *Grigoryev M.N.* Cry morphogenesis of the Lena River mouth area. Yakutsk: Institute of Permafrost SO RAS, 1993. 176 p. (in Russian).
- 6. *Grigoriev M.N.*, *Are F.E.*, *Hibberten H.-W.*, *Rasumov S.O.*, *Schneider W.* Pecularities of coastal processes and shoreline dynamics of the accumulative-erosive coastalsystem in the north-west of the Lena Delta. Ber. Polar und Meeresforsch, 2002. No 426. P. 64–70.
- 7. *Korotaev V.N.* Delta system of the Lena River. Morphodynamic of large rivers mouths systems of Russia Arctic coasts. Moscow: MSU, Faculty of Geography, Institute of Oceanology of RAS, 2017. P. 111–116 (in Russian).
- 8. *Korotaev V.N.* Essays of geomorphology of river mouth and coastal systems. Selected Works. Moscow: MSU, Faculty of Geography, 2012. 540 p. (in Russian).
- 9. *Lukyanova S.A.*, *Solovyova G.D.* Shores of the Kara Sea and the Laptev Sea. Geoecological statement of the Russia Arctic coasts and safe nature using. Moscow: GEOS, 2007. P. 492–495 (in Russian).

- 10. *Magritskyi D.V.*, *Aybulatov D.N.*, *Gorelkin A.V.* Peculiarities of space-time run-off changeability at near mouth area and in the Lana River delta. Water Resources, 2018. V. 45. No 1. P. 15–29 (in Russian).
- 11. Rachold V., Grigoriev M., Are F., Solomon S., Reimnitz E., Kassens H., Antonow M. Coastal erosion vs riverine sediment dischardge in the Arctic Shelf seas. International Journal of Earth Sciences, 2000. V. 89. P. 450–460.

УДК: 528.94 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-175-185

#### Т.С. Нокелайнен1

# КАРТОГРАФИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ НАВИГАЦИИ АРКТИЧЕСКИХ РЕК РОССИИ

#### **АННОТАЦИЯ**

Внутренний водный транспорт является основным участником грузовых перевозок в Арктической зоне Российской Федерации. Этому способствуют следующие факторы: меридиональное направление течения главных сибирских рек, позволяющее связать между собой Транссибирскую железнодорожную магистраль и Северный морской путь; разветвлённая система рек, обеспечивающая доступ по притокам к самым удалённым местам; относительная дешевизна массовых грузовых перевозок; минимальное воздействие на окружающую среду. При этом условия судоходства в Арктике очень различаются и зависят от ряда природных факторов и технического состояния инфраструктуры водных путей.

В результате проведённого исследования разработано содержание и создана обзорная тематическая карта условий навигации арктических рек России (масштаб 1:20 000 000). Реализован комплексный метод картографирования, учитывающий природные условия, техническое состояние и информационное обеспечение судоходства. Тематическое содержание карты включает: ледовые условия речного судоходства; продолжительность навигационного периода, сроки начала и окончания навигации (по среднемноголетним данным); гарантированные глубины судового хода; покрытие водных путей электронными навигационными картами.

Разработанная карта позволяет объективно оценить современные условия судоходства на арктических реках России и может служить существенной частью системы для принятия ответственных решений по модернизации инфраструктуры речного транспорта для обеспечения устойчивого и безопасного функционирования в интересах региональной экономики, транзитных перевозок и северного завоза грузов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** тематическое картографирование, внутренний водный транспорт, Арктическая зона России

Tatiana S. Nokelaynen<sup>1</sup>

# MAPPING THE NAVIGATION CONDITIONS OF ARCTIC RIVERS OF RUSSIA

#### **ABSTRACT**

Inland waterway transport plays a crucial role in ensuring the delivery of goods to the Arctic zone of the Russian Federation and exporting the natural resources that are being exploited in the region to the domestic and foreign markets. This is facilitated by the following factors: the meridional direction of flow of the largest Siberian rivers, which allows them to serve as links between the Trans-Siberian Railway and the Northern Sea Route; a ramified system of river tributaries providing access to the most remote locations; the relative cheapness of bulk shipments and a low

<sup>1</sup> Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Региональный центр мировой системы данных, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* nokelta@geogr.msu.su

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Data Center for Geography, Moscow, 119991, Russia, *e-mail:* **nokelta@geogr.msu.su** 

environmental impact. However, the navigation conditions in the Arctic vary significantly depending on the local natural environment and the technical conditions of the waterway infrastructure.

As a result of the study, an overview map of the navigation conditions of the Russian Arctic rivers was created in the scale 1: 20 000 000. A comprehensive approach has been implemented, taking into account natural conditions, technical equipment and information support levels of navigation. The thematic content of the map includes: ice conditions, the duration of the navigation period, the start and end dates of navigation (based on the long-term annual average); guaranteed depth of passage; availability of the digital nautical charts.

The developed map allows an objective assessment of the current navigation conditions on the Russian Arctic rivers and can serve as an essential part of the system for making responsible decisions for modernisation of the river transport infrastructure to ensure sustainable and safe operation in the interests of the regional economy, transit transport and northern cargo delivery.

KEYWORDS: thematic mapping, inland waterway transport, Russian Arctic

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Речной транспорт является основным участником грузовых перевозок в Арктической зоне Российской Федерации. Этому способствуют следующие факторы [Внутренние..., 2018]:

- меридиональное направление течения главных сибирских рек, позволяющее связать между собой Транссибирскую железнодорожную магистраль и Северный морской путь;
- разветвлённая система рек, обеспечивающая доступ по притокам к самым удалённым местам;
  - относительная дешевизна массовых грузовых перевозок.

Кроме того, водный транспорт – один из наиболее экологически безопасных видов транспорта [Nokelaynen, 2018].

Использование речного транспорта в Арктической зоне ограничивают:

- сезонный характер работы;
- экстремальные и изменчивые метеоусловия, не позволяющие обеспечить регулярность и стабильность перевозок;
  - несовпадение сроков действия речных и морских навигаций;
  - большие расстояния перевозок;
- длительное пребывание грузов в пути с 2–4 перевалками, увеличивающими расходы по завозу грузов (перевозка, хранение, перегрузочные работы и так далее) [Внутренние..., 2018].

Общая протяжённость внутренних водных путей с обозначенными габаритами судового хода в пределах Арктической зоны России превышает 52 000 км. Протяжённость речных путей, доступных для судов малого флота составляет около 70 000 км (http://arctic.gov.ru).

# Грузовые и пассажирские перевозки

Для освоения месторождений нефти и газа в Западной Сибири и развития горнодобывающей промышленности Восточной Сибири в 1965—1990 годах была создана высокоэффективная система речного транспорта. Максимальный объём арктических речных перевозок был достигнут в 1989 году — 14,47 млн тонн (завезено 13,57 млн тонн, вывезено 0,9 млн тонн) [Башмакова и др., 2013].

В районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности в 2016 году внутренним водным транспортом отправлено 18,5 млн тонн грузов (108,6 % к уровню 2015 года). В 2017 году было отправлено на 6 % меньше грузов (17,4 млн тонн) (рис. 1). Завоз жизненно важных грузов по государственному заказу составил 1,671 млн тонн (уголь - 0,617 млн тонн, нефтепродукты - 0,591 млн тонн) (http://www.morflot.ru).

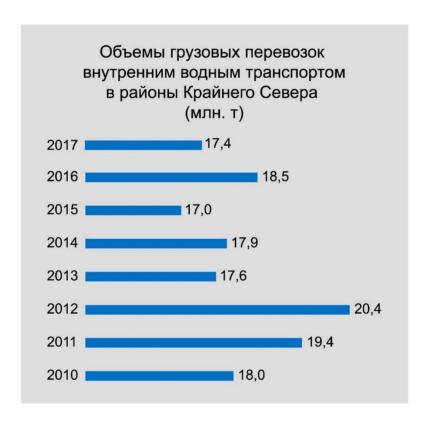


Рис. 1. Динамика грузовых перевозок внутренним водным транспортом в районы Крайнего Севера (2010–2017 годы) Fig. 1. Freight traffic on inland waterways to the Far North (2010–2017)

Основная номенклатура перевозимых грузов – это минерально-строительные материалы (песок, гравий, щебень и другие), лесные грузы, нефть и нефтепродукты, каменный уголь, зерно.

Обслуживающие Арктическую зону Российской Федерации речные пароходства акционированы. Крупнейшим из них является ОАО «Енисейское речное пароходство». Объёмы перевозок составляют около 3,5 млн тонн различных грузов с общим грузооборотом 3,0–3,2 млн ткм. Основными потребителями услуг являются ПАО «ГМК Норильский никель» и АО «Ванкорнефть» (https://www.e-river.ru).

Пассажирское сообщение, ранее очень развитое, имеет тенденцию к сокращению [Филатов и др., 2017].

На территории Арктической зоны Российской Федерации в настоящее время функционируют 8 речных портов общего пользования. Порты Архангельск, Лабытнанги и Салехард открыты для захода иностранных судов. Грузооборот главных портов составляет 100—200 тыс тонн в год<sup>1</sup>. Прибытие грузов вдвое превышает отправление, что связано со спецификой экономики северного региона.

Внутренние водные пути должны рассматриваться и в аспекте развития туризма. В последние годы практически в каждом арктическом регионе интенсивно развиваются различные виды туризма, в том числе водного. Спокойные горные реки Полярного Урала – Сыня, Войкар, Танью, Кара, Щучья идеально подходят для несложных сплавов на

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Транспорт и связь в России // Статистический сборник Федеральной службы государственной статистики. Электронный ресурс: http://www.gks.ru/free\_doc/doc\_2016/transp-sv16.pdf (дата обращения 20.04.2018)

надувных лодках и байдарках. Порожистые участки реки Собь привлекают экстремальных туристов. В Ненецком автономном округе пользуются популярностью сплавы на каяках и рафтинг по реке Печора и горным рекам региона (www.arctic-info.ru/news/turizm).

#### Навигационный период

На реках Арктической зоны Российской Федерации плавание речных и морских судов осуществляется только в ограниченный период с момента очищения устьевых участков рек ото льда весной и до осеннего ледостава.

Ледостав в среднем устанавливается на реках азиатской части в середине октября, на реках европейской территории арктической зоны — к концу октября. Среднеквадратическое отклонение осенних сроков ледовых явлений составляет для Карелии и южного побережья Белого моря 13—15 суток, для низовьев рек севера европейской территории — 10—12, для рек Западной Сибири — 6—8, для остальной территории — 3—5 суток. На реках Северо-Востока период ледостава заканчивается в среднем в первой декаде июня, на реках арктической части Средней и Западной Сибири — в конце мая и на реках Кольского полуострова — в середине мая [Фролова и др., 2018].

Для характеристики периода, когда возможна летняя навигация, то есть река свободна ото льда, используется продолжительность физической навигации. Продолжительность этого периода в целом уменьшается при движении с запада на восток [Агафонова и др., 2016].

Продолжительность навигации колеблется от 2–2,5 месяцев в низовьях рек Индигирка, Яна, Анабар до 6 месяцев в году в нижнем течении Северной Двины. На приустьевых участках некоторых рек (Колыма, Хатанга, Лена) возможно продление навигации на месяц за счёт использования ледоколов [Башмакова и др., 2013].

Сезонность работы речного транспорта ограничивается не только безлёдным периодом. Для доставки грузов по малым рекам часто используется лишь период весеннего половодья (например, на реке Омолон).

В наше время особенности водного и ледового режима российских арктических рек типизированы и картографированы [Фролова и др., 2018].

# Техническое состояние водных путей и инфраструктуры

Обмеление речных путей также ограничивает судоходство. Глубины колеблются от 0,7 м на малых реках, 3—4 метров в среднем течении Оби, Енисея и Лены и до 10—12 метров на нижнем Енисее, куда возможен заход крупных морских судов (морской порт Дудинка). Недостаток обслуживающих судов и значительное сокращение финансирования на выполнение дноуглубительных и путевых работ привело к сокращению с 1991 года протяжённости рек с гарантированными глубинами более чем на 40 % [Гладков, 2014].

В результате возникли ограничения в эксплуатации как речного, так и морского флота в устьевых портах. Часто судовладельцы вынуждены недогружать суда в связи с недостаточными глубинами на определённых маршрутах. Иногда для прохода через такие места приходится производить частичную выгрузку, что снижает коммерческую эффективность эксплуатации флота. В итоге снижается спрос на наиболее рентабельные суда повышенного тоннажа [Внутренние..., 2018].

По причине недостаточных объёмов финансирования дноуглубительных работ (именно за счёт средств федерального бюджета) снизились гарантированные габариты и провозная способность водных путей на реках Печора, Обь, Енисей, Ангара, Лена, Оленёк, Вилюй, Алдан, Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, глубины которых ныне составляют 70—75 % от уровня ранее достигнутых значений, обеспечивающих безопасность судоходства [Башмакова и др., 2013].

Ещё одна проблема — крайний износ инфраструктуры. Большинство портовых сооружений введено в эксплуатацию около 40 лет назад, средний возраст грузового флота составляет 32 года, пассажирского — 33 года, кранового оборудования — более 30 лет. По

данным Российского Речного Регистра 95% самоходных речных судов эксплуатируются более 20 лет и свыше 40% – более 40 лет (www.rivreg.ru).

# Навигационное обеспечение судов речного флота

Применение современных технических средств и информационно-коммуникационных технологий позволяет повысить уровень эффективности и безопасности плавания [Weintrit, 2016].

В настоящее время на внутренних водных путях Российской Федерации осуществляется внедрение таких конструктивных информационных структур, как «корпоративная речная информационная система», «речная информационная система», «автоматизированная система управления движением судов» [Каретников и др., 2015].

Для решения этих задач требуется применение системы высокоточного позиционирования ГЛОНАСС/GPS и её функциональных дополнений, использование электронных навигационных карт и средств их отображения.

# Перспективы развития

Стратегия развития внутреннего водного транспорта Российской Федерации на период до 2030 года предусматривает реализацию преимуществ внутреннего водного транспорта на основе комплекса мер: восстановления инфраструктуры внутренних водных путей, портов; обновления транспортного флота; мер государственной поддержки развития речных перевозок (http:// government.ru/media/files/2RpSA3sctElhAGn4RN9d Hrtzk0A3wZm8.pdf).

Эти меры позволят обеспечить повышение доступности транспортных услуг в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где внутренний водный транспорт является безальтернативным и жизнеобеспечивающим.

Развитию водного транспорта в России было посвящено заседание Госсовета России в августе 2016 года (http://www.kremlin.ru/events/president/news/52713). Для обеспечения необходимых параметров водных объектов Правительством России утверждены нормативы финансовых затрат на содержание внутренних водных путей и судоходных гидротехнических сооружений. В 2017 году на эти цели было выделено дополнительно 4,5 млрд руб., что позволило увеличить на 1,5 тыс. км протяжённость водных путей с гарантированными глубинами и увеличить объём дноуглубительных работ (http://www.morflot.ru).

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования целого ряда проблем, сложившихся на внутреннем водном транспорте, необходим пространственный анализ и комплексная картографическая оценка современной транспортной ситуации.

Целью настоящего исследования является создание тематической базы данных внутреннего водного транспорта и разработка содержания обзорной карты условий навигации на арктических реках России.

Информационной основой исследования послужила пространственная база данных водохозяйственного комплекса Атласной информационной системы «Устойчивое развитие России».

Атласная информационная система устойчивого развития России, создаваемая на географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова, содержит разнообразные ресурсы, позволяющие моделировать, визуализировать и проводить всесторонний анализ устойчивости природной, экономической и социально-демографической ситуации в России и в её регионах. При этом анализируется не только современное состояние картографируемых процессов и явлений, но и динамика их развития, а Россия рассматривается как составная часть единой глобальной системы.

Тематическая структура водохозяйственного блока системы «Устойчивое развитие России» включает в себя:

- 1. Базовые инвентаризационные карты (среднегодовой объём речного стока, водообеспеченность населения, ежегодный водозабор грунтовых и поверхностных вод, бытовое водопотребление на душу населения, очистка сточных вод, плотность гидрологических сетей, судоходные участки рек и другие);
- 2. Оценочные карты (природная обеспеченность территории водными ресурсами, степень использования водных ресурсов, поступление загрязнённых сточных вод, тенденции изменения годовых объёмов сброса загрязняющих веществ, экономия свежей воды, аварийное загрязнение вод, условия самоочищения водных объектов, качество поверхностных вод и другие);
- 3. Интегральные карты оценки близости регионов к модели устойчивого развития (интегральная оценка водохозяйственных факторов устойчивого развития субъектов Российской Федерации) [Скорняков и др., 2003; Nokelaynen, 2018].

Транспортный раздел системы включает в себя обширную пространственно-временную базу данных, разработанную с учётом опыта проектирования баз геоданных этой тематики [Butler, 2008].

Картографирование условий навигации арктических рек России с помощью геоинформационного программного продукта ArcGIS включало в себя следующие этапы:

- Обновление базы пространственных данных современной сети судоходных рек Арктической зоны Российской Федерации;
  - Создание тематической базы данных:
- природных условий судоходства на арктических реках России (продолжительность навигационного периода; сроки начала и окончания навигации; продолжительность ледостава и периода с ледовыми явлениями и так далее);
- судоходных условий на арктических реках России (гарантированные глубины судового хода и так далее);
- навигационного обеспечения судов речного флота с применением современных технических средств и информационно-коммуникационных технологий на арктических реках России (покрытие водных путей электронными навигационными картами);
  - речных арктических перевозок (объёмы перевозимых грузов и так далее);
- эколого-географической базы данных внутреннего водного транспорта (наличие загрязняющих грузов, пункты налива и слива нефти и нефтепродуктов на водном транспорте и так далее);
- речных портов и пристаней арктической зоны Российской Федерации (величина и структура грузооборота, пассажирооборот, специализация и так далее);
- Разработка методики картографирования условий судоходства (на примере арктических рек России);
- Составление тематической карты "Условия навигации арктических рек России" масштаба 1:20 000 000.

Основными источниками для работы послужили: официальная статистическая информация Федеральной службы государственной статистики (http://www.gks.ru), данные Российского Речного Регистра (www.rivreg.ru), материалы официального сайта Федерального агентства морского и речного транспорта (http://www.morflot.ru). Использована информация с официального сайта Госкомиссии по развитию Арктики (http://arctic.gov.ru), материалы официальных сайтов речных пароходств России (www.nrsl.ru; www.nwship.com; www.oirp.ru; lorp.ru; www.e-river.ru; www.oirp.ru).

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведённых исследований создана тематическая база данных внутреннего водного транспорта Арктической зоны Российской Федерации и разработана обзорная карта "Условия навигации арктических рек России" масштаба 1:20 000 000.

При создании карты реализован комплексный подход, учитывающий природные условия, техническое состояние и информационное обеспечение судоходства. Специальное тематическое содержание карты включает: ледовые условия речного судоходства; продолжительность навигационного периода, сроки начала и окончания навигации (по среднемноголетним данным); гарантированные глубины судового хода; покрытие водных путей электронными навигационными картами (рис. 2).

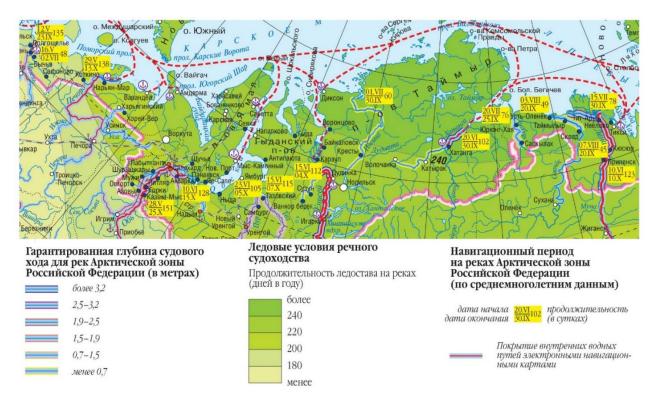


Рис. 2. Карта «Условия навигации арктических рек России», масштаб 1:20 000 000 (фрагмент карты с легендой) Fig. 2. Map "The navigation conditions of Arctic rivers in Russia", scale 1:20 000 000 (fragment of the map with legend)

### Природные условия навигации

Ледовые условия речного судоходства характеризуются фоновым показом на карте продолжительности ледостава на реках. Используется метод изолиний с послойной окраской. Шкала состоит из пяти ступеней — менее 180, 180—200, 200—220, 220—240, более 240 дней в году. Реки исследуемой территории характеризуются устойчивым ледоставом. Изменения фоновой окраски демонстрируют закономерности пространственного распределения ледовых явлений.

Более точную характеристику периоду навигации дают средние даты начала и окончания судоходства и его продолжительность (в сутках), рассчитанные по среднемноголетним данным. Эти показатели в виде численных значков представлены для основных участков судоходных рек арктической зоны Российской Федерации.

Расчётной (прогнозной) датой начала навигации является средняя за последние пятнадцать лет дата полного очищения участка водного пути ото льда с учётом времени проведения траления судового хода и постановки всех плавучих средств навигационного оборудования. Датой окончания считается средняя дата появления ледовых образований (шуги, сала), а также начала обледенения плавучих средств навигационной обстановки (Перечень судовых ходов и категорий средств навигационной обстановки (Распоряжение Росморречфлота от 22.12.2016 г. № ВО-311-р)).

На быстро мелеющих реках сроки действия навигации ограничиваются определёнными за последние пятнадцать лет датами наступления минимальных меженных уровней воды, при которых фактические глубины на судовом ходу становятся менее осадки эксплуатируемых судов.

# Судоходные условия

Для обеспечения перевозок грузов по внутренним водным путям основное значение имеют габаритные размеры судовых ходов, в первую очередь значения гарантированных судоходных глубин.

Для всех участков судоходных рек России Федеральным агентством морского и речного транспорта ежегодно утверждается Программа гарантированных габаритов судовых ходов («Программа категорий средств навигационного оборудования и сроков их работы, гарантированных габаритов судовых ходов, а также сроков работы судоходных гидротехнических сооружений»). Их размеры устанавливаются на основании технико-экономических расчётов. Гарантированные габариты судовых ходов на внутренних водных путях арктических рек устанавливаются до и после проведения дноуглубительных работ.

Для анализа современного состояния с обеспеченностью гарантированных глубин на водных путях арктической зоны Российской Федерации весь диапазон значений судоходных глубин был разбит на ряд интервалов: менее 0,7 м; 0,7–1,5; 1,5–1.9; 1,9–2,5; 2,5 –3,2; более 3,2 м. Шкала составлена в соответствии с Межгосударственным стандартом – «ГОСТ 26775-97. Габариты подмостовые судоходных пролётов мостов на внутренних водных путях. Нормы и технические требования» (введён в действие Постановлением Госстроя РФ от 29.07.1997 N 18-42).

Также имеются участки рек без установленных гарантированных габаритов судовых ходов, где осуществляется экспедиционный завоз грузов (Амга, Оленёк, Марха, Мая, Анабар, а также участки рек Индигирка, Яна и Вилюй).

# Речные порты Арктической зоны РФ

Речные порты	Специализация порта по видам грузов					
общего пользования	и перевозке пассажиров					
	1	2	3	4	5	
Архангельск	•	•	•	•	•	
Зеленый Мыс	•	•	•			
Игарка	•	•	•		•	
Лабытнанги	•	•				
Надым	•	•	•			
Нижнеянск	•	•	•			
Салехард	•	•		•	•	
Уренгой	•	•				

- 1 тарно-штучные грузы
- 2 навалочные и насыпные грузы
- 3 универсальные контейнеры
- 4 перевозка грузов в прямом смешанном сообщении
- 5 обслуживание пассажиров

Puc 3. Специализация речных портов Арктической зоны Российской Федерации Fig. 3. River ports specialization in the Arctic zone of the Russian Federation

# Навигационное обеспечение судов речного флота с применением современных технических средств и информационно-коммуникационных технологий

Для обеспечения надлежащего уровня безопасности плавания на внутренних водных путях необходимо непрерывно определять местоположение судна относительно оси судового хода, его кромок, берегов, а также отдельных опасностей. Данная задача может быть эффективно решена в случае совместного использования целого спектра навигационных систем, комплексов и приборов.

Применение системы высокоточного позиционирования ГЛОНАСС/GPS и её функциональных дополнений позволяет осуществлять так называемый «инструментальный метод судовождения». Для решения данной задачи требуется использование электронных навигационных карт и средств их отображения [Каретников и др., 2015].

Характеристика навигационного обеспечения судов речного флота дифференциальной подсистемой ГЛОНАСС/GPS даётся на карте показом участков рек, имеющих покрытие электронными навигационными картами в формате стандарта Международной гидрографической организации S-57 редакция 3.1, созданными в рамках ФЦП ГЛОНАСС подпрограммы «Карта-Река».

# Порты и пристани

В содержание карты включены знаки речных и морских портов, размер которых соответствует величине грузооборота. Специализация речных портов общего пользования (по виду грузов и перевозке пассажиров) представлена на рис. 3.

На территории Арктической зоны Российской Федерации также специальными знаками показаны основные речные пристани.

Карта дополнена специальными знаками пунктов налива и слива нефти и нефтепродуктов на водном транспорте. Эти объекты имеют повышенную вероятность возникновения экологически опасных ситуаций.

#### **ВЫВОДЫ**

Создание тематических карт с помощью ГИС-технологий и их многослойный анализ позволяют объективно оценить сложившуюся обстановку на внутреннем водном транспорте Арктической зоны Российской Федерации.

Впервые разработанные для этой территории тематическая база данных и обзорная карта «Условия навигации арктических рек России» могут служить частью системы для принятия ответственных решений по развитию и модернизации инфраструктуры речного транспорта в интересах региональной экономики, транзитных перевозок и северного завоза грузов.

Все результаты картографирования существуют в среде ArcGIS, что даёт возможность проводить многослойный анализ созданных тематических слоёв. Они открыты для редактирования и преобразования в новые карты, а также для оперативного обновления атрибутивной базы данных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Агафонова С.А.*, *Фролова Н.Л.*, *Василенко А.Н.*, *Широкова В.А.* Ледовый режим и опасные гидрологические явления на реках арктической зоны европейской территории России. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2016. № 6. С. 41–48.
- 2. Башмакова Е.П., Васильев В.В., Грицевич А.В., Зерщикова Н.И., Котомин А.Б., Козьменко С.Ю., Ларичкин Ф.Д., Николаева А.Б., Селин В.С., Селин И.В., Серова В.А., Ульченко М.В., Цукерман В.А., Шпак А.В. Транспортно-инфраструктурный потенциал российской Арктики. Апатиты: Издательство Кольского научного центра РАН, 2013. 279 с.
- 3. Внутренние водные пути Арктической транспортной системы. Электронный ресурс: http://morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT\_ID=13284 (дата обращения 06.08.2018).

- 4.  $\Gamma$ ладков  $\Gamma$ . $\Pi$ . Обеспечение условий судоходства на внутренних водных путях. Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике, 2014. Тематическое приложение № 1. С. 8–14.
- 5. *Каретников В.В., Волков Р.В., Киселевич Г.В.* Использование речной дифференциальной подсистемы ГЛОНАСС/GPS на внутренних водных путях Российской Федерации при проведении путевых работ. Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, 2015. № 3 (31). С. 63–68. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-63-68.
- 6. Скорняков В.А., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С. Водохозяйственный аспект устойчивого развития субъектов Российской Федерации. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2003. Т. 5. № 2. С. 37–43.
- 7. Филатов Н.Н., Карпечко В.А., Литвиненко А.В., Богданова М.С. Водный транспорт и энергетика севера европейской части России (обзор). Арктика: экология и экономика, 2017.  $\mathbb{N}$  1 (25). С. 75–85.
- 8. Фролова Н.Л., Магрицкий Д.В., Киреева М.Б., Агафонова С.А., Повалишникова Е.С. Антропогенные и климатически обусловленные изменения стока воды и ледовых явлений рек российской Арктики. Вопросы географии. СПб.: Русское географическое общество, 2018. Т. 145. С. 233–251.
- 9. *Butler J.A.* Designing geodatabases for transportation. Redlands, California: ESRI Press, 2008. 461 p.
- 10. *Nokelaynen T.S.* Mapping of the impacts of inland waterway transport in Russia. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: KRS RAS, 2018. V. 24. Part 1. P. 131–137. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-131-137.
- 11. Weintrit A. Geoinformatics in hydrography and marine navigation. Geoinformatics for marine and coastal management. CRC Press, 2016. P. 323–348. DOI: 10.1201/9781315181523-15.

#### **REFERENCES**

- 1. Agafonova S.A., Frolova N.L., Vasilenko A.N., Shirokova V.A. Ice regime and dangerous hydrological phenomena on rivers of the Arctic zone of European Russia. Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography, 2016. No 6. P. 41–48 (in Russian).
- 2. Bashmakova E.P., Vasilyev V.V., Gritsevich A.V., Zerschikova N.I., Kotomin A.B., Kozmenko S.Yu., Larichkin F.D., Nikolaeva A.B., Selin V.S., Selin I.V., Serova V.A., Ulchenko M.V., Tsukerman V.A., Shpak A.V. Transport and infrastructure potential of the Russian Arctic. Apatity: Publishing house of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2013. 279 p. (in Russian).
- 3. *Butler J.A.* Designing geodatabases for transportation. Redlands, California: ESRI Press, 2008. 461 p.
- 4. *Filatov N.N.*, *Karpechko V.A.*, *Litvinenko A.V.*, *Bogdanova M.S.* Water transport and energetic of North European part of Russia (a review). The Arctic: ecology and economy, 2017. No 1 (25). P. 75–85 (in Russian).
- 5. Frolova N.L., Magritsky D.V., Kireeva M.B., Agafonova S.A., Povalishnikova E.S. Runoff and ice phenomena dynamics on the rivers of Russian Arctic due to anthropogenic and climate changes. Geography issues. St. Petersburg: Russian Geographical Society, 2018. V. 145. P. 233–251 (in Russian).
- 6. *Gladkov G.L.* Providing navigable conditions on the inland waterways. Transport of the Russian Federation. Journal of science, practice, economics. 2014. Thematic supplement No 1. P. 8–14 (in Russian).
- 7. Inland waterways of the Arctic transport system. Web resource: http://morvesti.ru/analytics/index.php?ELEMENT\_ID=13284 (accessed 06.08.2018) (in Russian).
- 8. *Karetnikov V.V.*, *Volkov R.V.*, *Kiselevich G.V.* To the question of use river differential subsystem GLONASS/GPS on the inland Russian waterways at carrying out of track works. Bulletin of the

State University of Maritime and River Fleet named after admiral S.O. Makarov, 2015. No 3 (31). P. 63–68. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-3-63-68 (in Russian).

- 9. *Nokelaynen T.S.* Mapping of the environmental impacts of inland waterway transport in Russia. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: KRS RAS, 2018. V. 24. Part 1. P. 131–137. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-131-137.
- 10. Skornyakov V.A., Maslennikova V.V., Nokelajnen T.S. Water management aspect of sustainable development of the subjects of the Russian Federation. Bulletin of Moscow University. Series 5: Geography, 2003. V. 5. No 2. P. 37–43 (in Russian).
- 11. Weintrit A. Geoinformatics in hydrography and marine navigation. Geoinformatics for marine and coastal management. CRC Press, 2016. P. 323–348. DOI: 10.1201/9781315181523-15.

УДК: 528.8 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-186-193

Е.А. Паниди<sup>1</sup>, В.Ю. Цепелев<sup>2</sup>, Е.Г. Капралов<sup>3</sup>, Н.Б. Штыкова<sup>4</sup>

# К ВОПРОСУ ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДАТ СМЕНЫ ВЕГЕТАЦИОННЫХ СЕЗОНОВ ПО ДАННЫМ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

#### **АННОТАЦИЯ**

Задача мониторинга календарных дат смены вегетационных сезонов ранее традиционно решалась с использованием данных гидрометеорологических наблюдений. Временные границы сезонов выделяются при наблюдении перехода температуры приземного воздуха через то или иное маркерное значение, например, +5 °C или +10 °C. В случае если наземная наблюдательная сеть оказывается сильно разреженной, подобный подход приводит к появлению существенных локальных искажений в оценках границ и продолжительности вегетационных сезонов. Кроме того, выделение вегетационных сезонов только на основе наблюдения температуры воздуха, комфортной для развития растений, не учитывает физиологические особенности различных их видов.

Применение спутниковых съёмок позволяет оценивать параметры растительного покрова, характеризующие состояние и развитие фитомассы. В случае использования временных рядов спутниковых снимков, являющихся результатом повторяющихся спутниковых съёмок, ставших доступными в последние десятилетия, появляется возможность распознавать моменты начала и окончания роста растительности, а также некоторые другие фенологические изменения. Авторы данной статьи исследуют вопрос применения нормализованного разностного водного индекса (NDWI), вычисляемого на основе данных спутниковых съёмок для выявления граничных дат вегетационных сезонов.

В статье рассмотрены и охарактеризованы различные подходы к реализации методов анализа графиков годового хода вегетационных индексов, и, в частности, NDWI, применяемые исследователями при выявлении характеристик вегетационных сезонов. Приведена авторская типизация данных методов. Сделан вывод о возможности применения предложенной типизации при разработке комплексной методики анализа данных вегетационных индексов в целях оценки характеристик вегетационных сезонов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** вегетационные сезоны, наземные метеорологические наблюдения, данные дистанционного зондирования, MODIS, NDWI

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Российский государственный гидрометеорологический университет, метеорологический факультет, кафедра метеорологических прогнозов, Санкт-Петербург, Россия, *e-mail*: **v0010200@mail.ru** 

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле,

кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: eugeniy.kapralov@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле,

кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: n.shtykova@spbu.ru

# Evgeny A. Panidi<sup>1</sup>, Valery Y. Tsepelev<sup>2</sup>, Evgeny G. Kapralov<sup>3</sup>, Natalia B. Shtykova<sup>4</sup>

# TOWARD THE ISSUE OF DETERMINING THE DATES OF THE GROWING SEASON CHANGE USING VEGETATION INDEX DATA

#### **ABSTRACT**

The task of monitoring of the growing season change dates is solved traditionally using ground meteorological observations. The time frames of the growing seasons are allocated when the surface air temperature transition through a particular marker value (e.g., +5 °C or +10 °C) is observed. When the ground observation network is sparse, such an approach leads to significant local distortions in the estimations of the change dates and duration of the growing seasons. In addition, the allocation of growing seasons based only on observation of air temperature comfortable for vegetation growth does not take into account physiological characteristics of various vegetation species.

Application of satellite imagery makes it possible to estimate vegetation cover parameters and characterize phytomass state and growth. It is possible to recognize beginning and ending of vegetation growth and some other phenological changes, as in recent decades the use of satellite imagery time series became available, which are collected using repeated satellite imaging. The authors of the paper investigate the use of Normalized Difference Water Index (NDWI) derived from satellite imagery to allocate framing dates of the growing seasons.

The paper describes and characterizes various approaches to the implementation of analysis methods used by researchers to assess annual graphs of vegetation indices (particularly NDWI) with the aim of identifying of the growing season characteristics. The typification of these methods proposed by the authors is given. Concluded the possibility of application of the proposed typification as the basis for vegetation indices analysis methodology development in order to assess the characteristics of the growing seasons.

**KEYWORDS:** growing seasons, ground meteorological observations, remote sensing data, MODIS, NDWI

# **ВВЕДЕНИЕ**

Мониторинг дат смены, а также продолжительности и некоторых других параметров вегетационных сезонов востребован не только при решении задач растениеводства, что очевидно, но и в других отраслях сельского хозяйства, а также в лесном хозяйстве и при решении инженерных и научно-исследовательских задач в области экологической и природоохранной деятельности, наблюдения и изучения динамики и изменений климата. В последнем случае разработка методов мониторинга параметров вегетационных сезонов, основанных на применении дистанционных съёмок, позволяет обеспечить дополнение, а в ряде случаев замену, по крайней мере частичную, методам, основанным на применении данных наземных гидрометеорологических наблюдений. Потребность в подобных дистанционных методах исследования существует, в частности, в случаях, когда наземная наблюдательная сеть существенно разрежена территориально [Воbkov et al., 2015].

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics,

St. Petersburg, Russia, e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Russian State Hydrometeorological University, Meteorological Faculty, Department of Meteorological Forecasts, St. Petersburg, Russia, *e-mail*: v0010200@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics,

St. Petersburg, Russia, e-mail: eugeniy.kapralov@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics,

St. Petersburg, Russia, e-mail: n.shtykova@spbu.ru

Традиционно в агрометеорологии временные границы вегетационных сезонов определяются исходя из наблюдения дат перехода температуры приземного воздуха через некоторые пороговые значения с установлением температуры, комфортной для развития растений и наращивания фитомассы.

Мониторинг температуры приземного воздуха дистанционными, в том числе спутниковыми, методами не выполняется; при этом мониторинг состояния и развития растительного покрова с применением спутниковых съёмок успешно ведётся на протяжении последних десятилетий, что позволяет выявить переход растительных сообществ из одной фенологической фазы в другую при наличии временных рядов (серий) данных спутниковой съёмки. В то же время фенологические периоды различных видов растений и растительных сообществ могут отличаться от «среднестатистических» вегетационных сезонов, выделяемых на основе наблюдений за температурой воздуха. Таким образом, «метеорологические» и «фенологические» вегетационные сезоны следует различать, в том числе с точки зрения применяемых методов мониторинга.

Вместе с тем система климат-растительность характеризуется тем, что изменения, происходящие в одной её составляющей, отражаются на другой, что позволяет, хотя и не без допущений, выполнять экстраполяцию оценок и прогнозов изменения параметров климата на оценки параметров растительного покрова и наоборот. При выполнении таких оценок и экстраполяций важным этапом является анализ временных рядов данных наблюдений, реализуемый, во многих случаях, в форме анализа графиков годового хода того или иного наблюдаемого параметра. Оценка временных границ вегетационных сезонов в таком случае связана с выявлением на графиках характерных точек и отнесением их к некоторой календарной дате.

При оценке состояния растительного покрова в целях определения фенологических фаз и их смены, как правило, используются различные вегетационные индексы, рассчитываемые в форме пространственных индексов (карт или регулярных сеток) на основе данных спутниковых съёмок и отражающие степень развития фитомассы или состояние растительного покрова. В частности, исследователи используют нормализованный разностный вегетационный индекс – NDVI [Медведева и др., 2008], коротковолновый вегетационный индекс – SWVI [Миклашевич, Барталёв, 2016], нормализованный разностный водный индекс – NDWI [Delbart et al., 2005; Sekhon et al., 2010; Семёнова, 2015; Panidi, Tsepelev, 2017].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

NDWI рассчитывается на основе спектральных коэффициентов яркости земной поверхности (растительного покрова) в ближней инфракрасной и коротковолновой инфракрасной областях электромагнитного спектра. Авторами настоящего исследования использованы материалы спутниковой съёмки MODIS (продукт MOD09A1¹) и вычислительная формула, предложенная В.С. Gao:

$$NDWI = \frac{\rho_{0.86} - \rho_{1.24}}{\rho_{0.86} + \rho_{1.24}} \tag{1}$$

где  $\rho_{0.86}$  – коэффициент спектральной яркости в ближнем инфракрасном диапазоне;  $\rho_{1.24}$  – коэффициент спектральной яркости в коротковолновом инфракрасном диапазоне электромагнитного спектра [Gao, 1996].

Данный индекс чувствителен к сезонным изменениям количества воды в жидкой фазе в тканях растений, что и позволяет распознавать смену «фенологических» вегетационных сезонов, анализируя годовую динамику индекса [Delbart et al., 2005; Sekhon et al., 2010; Семёнова, 2015; Panidi, Tsepelev, 2017; Паниди и др., 2018].

\_

 $<sup>^{1}\</sup> https://lpdaac.usgs.gov/dataset\_discovery/modis/modis\_products\_table/mod09a1\_v006$ 

Если при определении временных границ вегетационных сезонов по данным годового хода температуры приземного воздуха ключевым аналитическим приёмом является применение метода пороговых значений, то есть определение календарных дат, в которые температура (например, среднесуточная) пересекает заданный порог, ограничивающий диапазон комфортных для растительности температур [Педь, 1951], то анализ графиков годового хода вегетационных индексов требует применения существенно более широкого инструментария. Это обусловлено, прежде всего, особенностями используемых первичных данных дистанционного зондирования, которые могут обладать худшим, по сравнению с наземными гидрометеорологическими наблюдениями, временным разрешением (зондирование конкретной территории может выполняться раз в несколько дней), а также неполнотой рядов, связанной с условиями выполнения съёмки, в частности с влиянием облачного покрова, отображаемого на снимках.

В отличие от данных наблюдений температуры воздуха, изначально представляющих собой ряды значений двумерной переменной, для которой измерениями являются собственно значение температуры и дата (либо время), в которую эта температура зафиксирована, ряды наблюдений вегетационного индекса характеризуются четырьмя измерениями, значениями индекса и даты наблюдений, а также значениями двух координат, задающих географическое положение наблюдённого значения. Такие ряды сохраняются в форме наборов растровых слоёв или многоканальных растров (каждый слой или канал описывает пространственное распределение индекса на некоторую дату съёмки).

При анализе данных вегетационных индексов выполняется отображение таких четырёхмерных переменных в двумерное координатное пространство дата/индекс, отражающее график годового хода индекса в некоторой географической точке. Следствиями подобного характера исходных данных являются отсутствие необходимости пространственной интерполяции исходных данных (либо выполненных на их основе оценок параметров вегетационных сезонов), как это делается при использовании данных температурных наблюдений, а также необходимость выполнения критически большого числа вычислений, связанных с анализом графиков годового хода индекса. Последняя особенность обусловлена тем, что построение графиков годового хода индекса (отображение в пространство дата/индекс) выполняется отдельно в каждом узле растра (карты) вегетационного индекса. Преимуществом в данном случае является отсутствие пространственной интерполяции, приводящей к искажениям результатов, которые практически невозможно количественно оценить, а недостатками - сложность вычислений и возможность наличия неполных рядов наблюдений на отдельных графиках годового хода вегетационного индекса. Это, в свою очередь, может привести к необходимости временной или пространственно-временной (выполняемой с учётом значений в соседних узлах регулярной сетки) интерполяции, что также может вносить искажения в результирующие оценки.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Типизация методов анализа графиков годового хода вегетационных индексов в целях выявления характерных точек, маркирующих смену вегетационных сезонов, может быть выполнена следующим образом:

- методы, основанные на анализе взаимного положения линейных отрезков графика вегетационного индекса;
- методы, предполагающие сглаживание графика вегетационного индекса путём осреднения значений с последующим выявлением характерных точек графика (перегибов, экстремумов, пересечений заданного порога);
- методы, основанные на аппроксимации графика вегетационного индекса полиномами с последующим выявлением характерных точек графика.

Первая группа методов находит применение в случае, когда временное разрешение спутниковой съёмки, на основе данных которой построены графики годового хода

вегетационного индекса, оказывается достаточно низким (в частности, составляет несколько суток). Характерным примером в данном случае являются графики годового хода NDWI, использованные авторами настоящего исследования ранее. Ранее выполненные исследования проводились на 4 тестовых участках, располагавшихся на территории Республики Коми, в Европейской части РФ; при этом использовались данные за 2000–2015 годы [Panidi, Tsepelev, 2017; Паниди и др. 2018].

На рисунке 1 приведён пример такого графика, построенного с шагом 8 суток (дней). Подобные графики вегетационных индексов характеризуются тем, что при наличии сравнительного короткого ряда значений вегетационного индекса, форма ломаной может быть осложнена (искажена) наличием двойных экстремумов и ложных (?) провалов, а также отсутствием выраженных перегибов. Границы полного вегетационного сезона (весна, лето, осень) по такому графику определяются путём поиска двух абсолютных экстремумов, весеннего и осеннего, а границы летнего сезона, в свою очередь, выделяются как границы «летнего плато» на графике. Последнее, впрочем, может быть выражено не ярко, когда переходы весна-лето и лето-осень не представлены на графике перегибами и график (часть графика) полного вегетационного сезона по форме схож с параболой. В связи с подобной особенностью NDWI в выполненных ранее исследованиях авторы выделяли границы летнего сезона с помощью линейного тренда для графика (части графика) полного вегетационного сезона, который позволяет отделить весеннюю и осеннюю части графика, характеризующиеся сравнительно большим градиентом и находящиеся под линией тренда, и летнюю часть, более пологую и находящуюся над линией тренда.

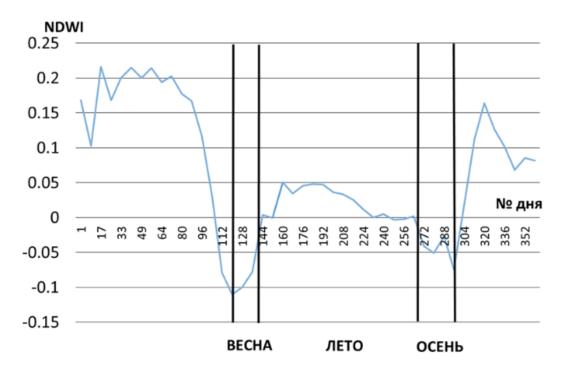


Рис. 1. График годового хода NDWI.

Значения осреднены по 8 дней;
вертикальными линиями показаны границы вегетационных сезонов, определённые по данному графику

Fig. 1. Annual graph of the NDWI.

Values are averaged by 8 days;

vertical lines show the boundaries of the growing seasons determined by this graph

Примером анализа взаимного положения отрезков графика может служить поиск положения весеннего и осеннего минимумов графика, который подразумевает, на первом этапе, поиск всех локальных минимумов (ситуаций, когда левый из двух соседних отрезков отражает рост значения индекса, а правый — убывание), с последующим поиском двух абсолютных минимумов на втором этапе.

Методы, предусматривающие сглаживание графика вегетационного индекса, способны найти применение в случаях, когда временной ряд имеет более высокую дискретность (период наблюдений более короток), например, 1 сутки. При этом график становится существенно более зашумлённым, проявляется большее число локальных экстремумов, как отрицательных, так и положительных. В подобной ситуации, по аналогии с анализом графиков годового хода температуры приземного воздуха [Скрынник, Скрынник, 2009; Паниди и др., 2018], может быть применено межгодовое осреднение значений индекса с использованием метода скользящего (во времени) окна (что позволит выполнять оценку климатической нормы параметров вегетационных сезонов), либо внутригодовое осреднение с использованием метода скользящей средней. Сам график при этом остаётся ломаной и дальнейший его анализ может быть выполнен путём оценки взаимного положения его линейных отрезков.

Методы, предполагающие аппроксимацию графика полиномами, кусочную или с использованием скользящего окна [Миклашевич, Барталёв, 2016], также могут быть применены в случае высокой временной дискретности ряда значений вегетационного индекса. По сравнению с методами, входящими в предыдущую группу, они подразумевают более высокие затраты вычислительных ресурсов, однако в противовес им позволяют формировать (аппроксимировать) экстремумы при неполноте или высокой зашумлённости ряда.

### выводы

Исследования, выполненные авторами настоящей статьи ранее, а также обзор работ других авторов, позволяют предложить типизацию методов анализа графиков годового хода вегетационных индексов (а в перспективе, вероятно, и других параметров растительного покрова), применяемых в целях выявления характерных точек, маркирующих границы вегетационных сезонов. Подобная типизация может быть использована в качестве основы для дальнейшей разработки комплексной методики анализа графиков годового хода параметров растительного покрова при определении временных границ вегетационных сезонов.

Настоящее исследование требует дальнейшей проработки с целью выявления ограничений каждого из возможных методов анализа графиков, которое неосуществимо без накопления достаточной статистики результатов анализа временных рядов различной протяжённости сформированных для разных природных зон (типов растительного покрова) и растительных сообществ.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и РГО, проект N 17-05-41118 РГО a.

Данные MOD09A1 V006 получены из с помощью онлайн-версии программного обеспечения LP DAAC2Disk download manager из онлайн-архива NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC), USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota, https://lpdaac.usgs.gov/data\_access/daac2disk.

# **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded partially by the joint project of Russian Foundation of Basic Research and Russian Geographical Society, No 17-05-41118 RGO\_a.

The MOD09A1 V006 dataset was retrieved from the online LP DAAC2Disk download manager, courtesy of the NASA EOSDIS Land Processes Distributed Active Archive Center (LP

DAAC), USGS/Earth Resources Observation and Science (EROS) Center, Sioux Falls, South Dakota, https://lpdaac.usgs.gov/data\_access/daac2disk.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Медведева М.А., Барталёв С.А., Лупян Е.А., Матвеев А.М., Толпин В.А., Пойда А.А. Возможности оценки момента наступления вегетационного сезона на основе спутниковых и метеорологических данных. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2008. Вып. 5. Т. 2. С. 313–321.
- 2. *Миклашевич Т.С., Барталёв С.А.* Метод определения фенологических характеристик растительного покрова на основе временных рядов спутниковых данных. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2016. Т. 13. № 1. С. 9–24. DOI:10.21046/2070-7401-2016-13-1-9-24.
- 3. *Паниди Е.А.*, *Рыкин И.С.*, *Цепелев В.Ю*. О проблеме определения временных границ вегетационных сезонов по данным наземных наблюдений и дистанционного зондирования. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 2. С. 129–140. DOI:10.24057/2414-9179-2018-2-24-129-140.
- 4.  $\Pi$ едь  $\Pi$ . Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определённые значения. Метеорология и гидрология, 1951. № 10. С. 38–39.
- 5. Семёнова І.Г. Синоптичні та кліматичні умови формування посушливих явищ в україні. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук. Одеса, 2015. 296 с.
- 6. *Скрынник О.Я.*, *Скрынник О.А*. Климатологический метод определения даты устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через заданное пороговое значение. Метеорология и гидрология, 2009. № 10. С. 90–99.
- 7. *Bobkov A.*, *Panidi E.*, *Torlopova N.*, *Tsepelev V.* NDVI Dynamics of The Taiga Zone in Connection with Modern Climate Changes. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2015. V. XL-7/W3. P. 157–163. DOI: 10.5194/is-prsarchives-XL-7-W3-157-2015.
- 8. *Delbart N.J-P.*, *Kergoats L.*, *Le Toan T.*, *Lhermitte J.*, *Picard G.* Determination of phenological dates in boreal regions using normalized difference water index. Remote Sensing of Environment, 2005. V. 97 (1). P. 26–38. DOI: 10.1016/j.rse.2005.03.011.
- 9. *Gao B.C.* NDWI a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 1996. V. 58 (3). P. 257–266.
- 10. *Panidi E., Tsepelev V.* NDWI-based technique for detection of change dates of the growing seasons in Russian Subarctic. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2017. V. XLII-3/W2. P. 179–182. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W2-179-2017.
- 11. Sekhon N.S., Hassan Q.K., Sleep R.W. A remote sensing-based system to predict early spring phenology over boreal forest. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2010. V. XXXVIII. Part 1.5 p.

#### **REFERENCES**

- 1. *Bobkov A.*, *Panidi E.*, *Torlopova N.*, *Tsepelev V.* NDVI Dynamics of The Taiga Zone in Connection with Modern Climate Changes. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2015. V. XL-7/W3. P. 157–163. DOI: 10.5194/is-prsarchives-XL-7-W3-157-2015.
- 2. *Delbart N.J-P.*, *Kergoats L.*, *Le Toan T.*, *Lhermitte J.*, *Picard G.* Determination of phenological dates in boreal regions using normalized difference water index. Remote Sensing of Environment, 2005. V. 97 (1). P. 26–38. DOI: 10.1016/j.rse.2005.03.011.
- 3. *Gao B.C.* NDWI a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, 1996. V. 58 (3). P. 257–266.

- 4. *Medvedeva M.A.*, *Bartalyov S.A.*, *Lupyan E.A.*, *Matveev A.M.*, *Tolpin V.A.*, *Poida A.A.* The possibility of estimation of the growing season onset on the basing on satellite and meteorological data. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2008. V. 5. Iss. 2. P. 313–321 (in Russian).
- 5. *Miklashevich T.S.*, *Bartalyov S.A*. Method for estimating vegetation cover phenological characteristics from satellite data time series. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2011. V. 8. No 4. P. 285–302. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-1-9-24 (in Russian).
- 6. *Panidi E.A.*, *Rykin I.S.*, *Tsepelev V.Yu*. Towards the issue of allocation of the time frames for growing seasons using ground observations and remote sensing data. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: KarSC of RAS, 2018. V. 24. Part 2. P. 129–140. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-129-140 (in Russian, abs English).
- 7. *Panidi E., Tsepelev V.* NDWI-based technique for detection of change dates of the growing seasons in Russian Subarctic. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2017. V. XLII-3/W2. P. 179–182. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLII-3-W2-179-2017.
- 8. *Ped' D.A.* About determination of dates of steady air temperature transition through certain values. Meteorology and Hydrology, 1951. No 10. P. 38–39 (in Russian).
- 9. Sekhon N.S., Hassan Q.K., Sleep R.W. A remote sensing-based system to predict early spring phenology over boreal forest. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2010. V. XXXVIII. Part 1.5 p.
- 10. *Semyonova I.G.* Synoptic and climatic conditions of formation of arid phenomena in Ukraine. Dissertation for the degree of Doctor of geographical sciences. Odessa, 2015. 296 p. (in Ukrainian).
- 11. Skrynnik O.Ya., Skrynnik O.A. Climatological method for determining of the date of average daily air temperature steady transition through a given threshold. Meteorology and Hydrology, 2009. No 10. P. 90–99 (in Russian).

УДК: 912.4 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-194-203

В.И. Степанова1

# МОДЕЛЬ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ПОТОКОВЫХ КАРТ ПЛАСТИКИ

### **АННОТАЦИЯ**

Почва является бесценным природным богатством, обеспечивающим человека необходимыми продовольственными ресурсами. Продовольственная безопасность и почва тесно взаимосвязаны. Главное внимание продовольственная безопасность обращает на производство и обеспечение продуктов питания, но в этих звеньях отсутствует главное почвы. До настоящего времени почвенные ресурсы не рассматриваются как приоритетные с точки зрения продовольственной безопасности и поддержания функционирования наземных экосистем. Ничто не может заменить почвенный покров: без этого колоссального природного объекта невозможна жизнь на земле. Вместе с тем сегодня можно наблюдать неправильное использование почвы, что приводит к росту её загрязнения и, как следствие, снижению её плодородных свойств [Ахмадов, 2014]. Карты пластики рельефа – это стратегический план ведения хозяйственной деятельности человеком согласно с законами природы. Действуя по этим законам, используя весь потенциал рельефа, можно значительно повысить производительность сельскохозяйственных предприятий, уровень и качество жизни населения, избежать возникновения большинства аварийных ситуаций. Суть этого метода состоит в том, что до выезда в поле в камеральных условиях тщательно анализируются горизонтали топографических карт. Этот анализ основан на применении метода вторых производных, позволяющего геометрически преобразовать горизонтали так, что выделяются ареалы выпуклостей (поверхности относительных повышений). Технология выделения выпуклостей осуществляется с помощью принципиально новой изолинии – морфоизографы – линии нулевой плановой кривизны [Степанов, 1984].

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** карты пластики рельефа, экологическая карта, методы картографирования

Vera I. Stepanova<sup>2</sup>

# MODEL OF MONITORING OF ECOLOGICAL STATE OF SOIL COVER OF MOSCOW REGION WITH THE HELP OF STREAM MAPS OF THE PLASTIC

## **ABSTRACT**

Soil is an invaluable natural resource, providing the necessary food resources. Food security and soil are closely linked. Main focus industrial safety concerned with the production and provision of food, but the lack of these links – soil. To date soil resources not considered as a priority

<sup>1</sup> ФГБУН Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН, ул. Институтская, д. 7, г. Пущино Московской обл., Россия, *e-mail:* agroecology@inbox.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Institute for biological instrumentation of RAS, 7 Institutskaya str., Pushchino, Moscow region, Russia, *e-mail:* agroecology@inbox.ru

from the point of view of food security and maintaining the functioning of terrestrial ecosystems. There is no substitute for soil cover: without this huge natural object of life is impossible on earth. However, today we can observe the misuse of the soil, which leads to increase of pollution and, consequently, reduce its fertile properties [Akhmadov, 2014]. Map of plastic terrain is a strategic plan for the business person in accordance with the laws of nature. Acting under these laws, using the full potential of the relief, it is possible to significantly improve the performance of agriculture enterprises, the level and quality of life of the population, to avoid the occurrence of most emergencies. This method presupposes thorough office analysis of topographic map horizontals before the set-off. Such analysis is based on the flexion method, allowing to geometrically convert the horizontals in the way the natural habitats of convexities become vivid (relative elevation surface). Convexities become vivid due to the principally new isolines – morphoisographs – the zero horizontal curvature lines [Stepanov, 1984].

**KEYWORDS:** maps of relief plastic, ecological map, methods of mapping

### **ВВЕДЕНИЕ**

Земли сельскохозяйственного назначения играют основную роль в обеспечении человечества продуктами питания и сырьём для различных отраслей промышленности. От свойств почв и протекающих в них химических и биохимических процессов зависят чистота и состав атмосферы, наземных и подземных вод. Московская область является одним из наиболее экономически развитых субъектов России. Промышленность оказывает негативное воздействие на экологическую ситуацию во многих районах области. В настоящее время в Московской области десятки тысяч гектаров выведены из сельскохозяйственного использования, происходит деградация почв и уничтожение её плодородия. Урон от ухудшения и разрушения почв и земель от воздействия антропогенных факторов выражается в первую очередь в деградации почв и земель, их загрязнении химическими веществами. В основном земли Московской области загрязняют мусор, нефтепродукты, ядохимикаты, пестициды, гербициды, химические удобрения, навоз. По уровню внесения пестицидов в почву на первых местах расположены Мытищинский, Люберецкий, Талдомский, Балашихинский районы (более 5 кг/га). Также неблагоприятная ситуация замечена в Егорьевском, Ногинском, Загорском, Одинцовском, Дмитровском, Сергиево-Посадском районах. 40 % земли Московской области занимают почвы, загрязнённые тяжёлыми металлами, среди которых олово, молибден, вольфрам, серебро, медь, ртуть, свинец, стронций, цинк, барий, кадмий и другие.

Объективное описание механизма формирования антропогенно преобразованных почв в реальных физико-географических условиях конкретной территории можно получить при комплексном подходе к решению задачи с помощью совместного использования космических снимков высокого разрешения, топографических карт крупного масштаба, полевых съёмок на территории исследования с последующим представлением местности в виде цифровых моделей. В качестве последних могут быть использованы приёмы формализованного описания местности с помощью экологических карт пластики рельефа. Преимущества метода пластики заключаются в том, что он позволяет поставить в соответствие точке пробоотбора конкретную характеристику рельефа.

Такой подход был предложен профессором, Заслуженным деятелем науки РФ И.Н. Степановым [2003]. Использование данного метода в наши дни позволяет составлять математически точные почвенные карты, представляющие почвенные тела в форме образов геометродинамики – потоков, находящихся в непрерывном «движении». На почвенных картах пластики каждая разновидность имеет свой адрес среди взаимодействующих элементарных почвенных ареалов (ЭПА) генетически и функционально единой древовидной (потоковой) почвенной системы [Докучаев, 1949].

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для того чтобы глубже понять идею потоковых структур, нами приведены иллюстрации. На рис. 1 показаны начальная точка потока R – репеллер и конечная точка A (аттрактор), к которой стремятся концевые части любого потока. Аттрактор может быть в виде линии (русла реки, геологического разлома и так далее). Между аттрактором и репеллером располагают точки бифуркации, то есть точки ветвления потока (b).

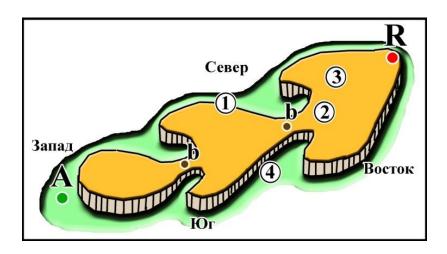


Рис. 1. Пояснения к структуре потока почвенной карты.
1) морфоизографа — изолиния нулевой плановой кривизны, отделяющая выпуклость (коричневого цвета) от вогнутости (зелёного цвета);

- 2) водораздельная часть с точками бифуркации (b);
- 3) поток; 4) подложка, по которой «движется» поток;
  - R) начальная высокая точка потока;
  - А) аттрактор низкая часть потока,

которой он стремится достичь в процессе движения

Fig. 1. Explanations of structure of the soil map stream.

- 1) morphoisograph isoline of zero planned curvature separating bulge (brown) from concavity (green);
  - 2) watershed part with the bifurcation points (b);
- 3) the stream; 4) the substrate on which the stream "moves";
  - R) the initial high point of the stream;
  - A) attractor the low part of the stream,

which it seeks to achieve in the process of movement

Под потоком мы имеем в виду относительное повышение. По карте пластики рельефа легко обнаружить, откуда и куда двигался и движется сейчас поток. Например, как видно из рис. 1, поток движется с СВ на ЮЗ; одна сторона его обращена на север, а другая — на юг. При этом можно определить ориентацию относительно стран света каждого ответвления потока. В таком случае легко определить, на склоне какой экспозиции расположена та или иная почва, и отсюда делать агроклиматические прогнозы. Толщиной слоя потока можно показать мощность самой почвы и подстилающих почвообразующих пород<sup>1</sup>.

\_

 $<sup>^{1}</sup>$  Степанова В.И. О новом геоинформационном содержании почвенно-агрохимических карт // Агрохимия, 2009. № 7. С. 81–84

На рис. 2 показано, как следует расшифровывать визуально свойства самих потоков. Каждый поток на карте пластики рельефа имеет водораздельную линию (тонкие чёрные стрелки). Эту линию (например, водораздел или тальвег) читатель карты может распознавать визуально самостоятельно.

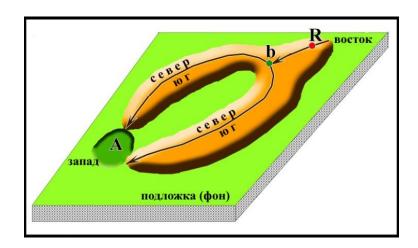


Рис. 2. Выделение водораздельной линии в потоке, выявленном методом пластики рельефа
Fig. 2. Selection of the watershed line in the stream revealed by the method of relief plastic

Поток (коричневого цвета) как физическое дискретное тело лежит на подложке (зелёный цвет), то есть поверхности, которая в картографической теории пластики рельефа с точки зрения физики представляет собой инерциальную систему отсчёта или тело отсчёта. Слово «подложка» заимствовано из теории симметрии. Относительно подложки движется поток. Таким образом, в теорию тематической картографии вводится фундаментальное физическое понятие — «движение». Почвенные потоки определяют структуру всей изучаемой земной (почвенной) поверхности в виде траекторий, имеющих устойчивые направления движения в сторону глобальных, региональных и местных аттракторов.

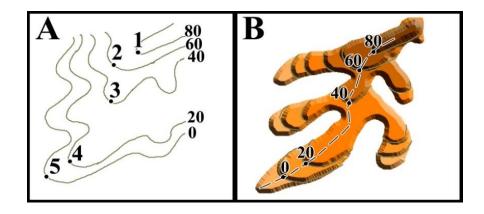


Рис. 3. Показ градиентов высот по карте рельефа с горизонталями (A) и по карте пластики рельефа (B)

Fig. 3. Showing gradients of elevations on a relief map with horizontals (A) and on the plastic relief map (B)

Цвет используют для выделения многих почвенных признаков. Обычно цветом показывают типы и подтипы почв. Иногда же цветом на картах пластики рельефа показывают градиенты высот, как на рис. 3.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данной методике группой картографии Института Биологического Приборостроения РАН была составлена в электронном виде почвенно-экологическая карта Московской области масштаба 1:300 000. Представленная математическая модель земной поверхности Московской области (рис. 4) обладает преемственностью, так в неё включены многолетние данные учёных Пущинской школы почвоведения. В её основе — математически формализованный метод пластики рельефа и составленные по нему почвенные карты более 10 областей Центральной России различных масштабов (1:200 000, 1:300 000, 1:400 000). Применение метода генерализации позволило ёмко отобразить математический каркас почвенной поверхности и выявить крупные палеосистемы, в пределах которых в плане происходит пространственное взаимодействие.

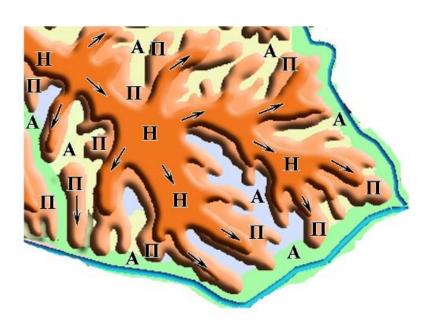


Рис. 4. Демонстрация части потока со схематическим показом расположения нормальных (H), переходных (П) и анормальных (А) почв согласно классификации почв В.В. Докучаева. На самой почвенной карте эти буквенные индексы и стрелки отсутствуют Fig. 4. Demonstration of part of the stream with a schematic showing the location of normal (H), transitional (P) and abnormal (A) soils according to the V.V. Dokuchaev's classification of soils. On the soil map these alphabetic indexes and arrows are absent

На рис. 4 дан участок потока (нижняя его часть). Он имеет древовидную форму с плоским водоразделом, переходным склоном и понижениями. На водоразделе расположены нормальные почвы (они показаны буквой «Н»), на склонах располагаются переходные почвы («П»), а по понижениям – анормальные почвы («А»). Все эти классы почв Докучаева имеют разную окраску, которая свидетельствует о разнообразии всех этих почв. Например, почвы понижений могут быть аллювиальными, болотными, овражно-балочными, а почвы повышений — подзолистыми, серыми лесными, чернозёмами, каштановыми и другими. Почвы переходных склонов включают нормальные и анормальные почвы, но они заметно отличаются наличием смытости/намытости. Стрелки на рис. 4 показывают направление

движения самого потока и вещества, из которого состоит поток, в том числе почвенного. На самих почвенных картах стрелки не показываются. Читателю карты предлагается привыкать к потоковым контурам как имеющим векторные направления от повышений (репеллеров) к конечным понижениям (аттракторам).

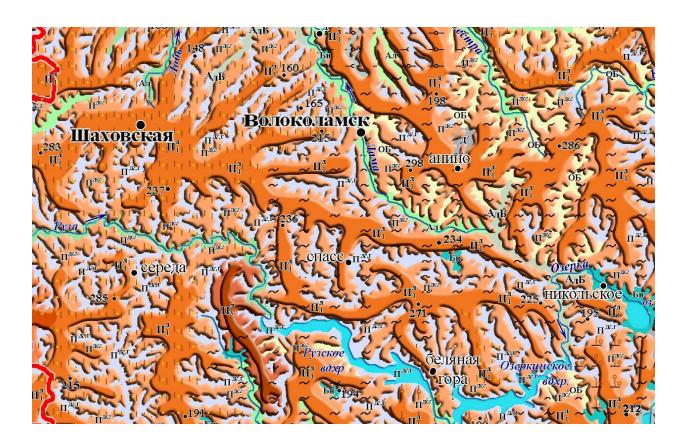


Рис. 5. Динамическая потоковая модель земной поверхности Московской области. Фрагмент почвенно-экологической карты Московской области (масштаб 1:300 000). Коричневый цвет — подзолистые почвы плоских повышений; более светлый цвет — подзолистые почвы переходных склонов; жёлтый цвет — преобладание на территории овражно-балочных почв; фиолетовый — подзолистые глееватые.

Значки – данные механического состава почв.

Значки в контурах – данные по механическому составу почв: глины, тяжёлые суглинки.

Почвы: Пд – дерново-подзолистые, ОБ – овражно-балочные

Fig. 5. Dynamic streaming model of the earth's surface of the Moscow region. A fragment of the soil-ecological map of the Moscow region (scale 1:300 000).

Brown color – podzolic soils of flat elevations; lighter color –

podzolic soils of transitional slopes; yellow – the predominance on the territory of gully soils; purple – gley podzolic soils.

Icons – data on the mechanical composition of the soils.

Icons in the contours – data on the mechanical composition of the soils: clay, heavy loam. Soils:  $\Pi \pi$  – sod-podzolic,  $O\bar{b}$  – ravine-beam

На карте рельеф земной поверхности в процессе преобразования горизонталей топографической карт масштаба 1:200 000 и генерализации был дифференцирован на две фундаментальные системы геометрических относительных форм рельефа в плане в виде двух систем: выпуклостей (относительные повышения, потоки, «водоразделы», области

дивергенции) и вогнутостей (относительные понижения, подложка для потоков, «долины», области конвергенции). С помощью такой модели теперь стало возможным изучение того или иного географического, почвенного, геологического или гидрогеологического объекта уже в рамках определённых элементов каркаса.

На данном участке Московской области мы видим направление потоков с запада от репеллера Шаховская (самой высокой точки на данном участке — 283 м) к аттрактору — посёлку Никольское (195 м). Сюда «стремятся» потоки, связанные с прошлой геологической деятельностью рек Руза — Озерки — Истра. На карте показано движение почвенно-геологического вещества. Это движение связано с движением аллювия рек, льдов ледников, озёрных вод, с движением пролювия, делювия, коллювия. Характер движения запечатлён в формах потоков.

Основными преимуществами данной карты мы считаем возможность отобразить движение потоков вещества и связь локальных загрязнённых участков с территориями, расположенными на расстоянии десятков и сотен километров от очага загрязнения; выявление и установление границ геохимического загрязнения; рациональное использование земель по месту их положения и качеству.

Также, используя почвенно-экологическую карту, можно проводить математически достоверную дифференциацию территории со склонами разных экспозиций — теневых и солнечных, влажных и сухих (с использованием местной розы ветров), то есть имеющих разные экологические условия и плодородие почв.

Возможности карты пластики в исследовании склоновых процессов были продемонстрированы в работе по изучению перемещения и аккумуляции с почвенными массами радиоактивных элементов. Выявление причинно-следственных связей морфологических элементов и их геохимического содержания на сложных в морфометрическом отношении участках пахотных склонов возможно при условии совместного применения методов дистанционного зондирования и формализованного описания ЦМР методами пластики рельефа и средствами ГИС. Анализ космического снимка, карты пластики рельефа и карты крутизны показал, что в процессе перемещения почвенного материала, обогащённого цезием-137, формируются участки накопления смытого материала у основания склонов ложбины (конусы выноса) с повышенной радиоактивностью; участки же, совпадающие с тальвегом (эрозионные борозды), отличаются пониженной радиоактивностью вследствие смыва верхнего загрязнённого почвенного слоя [Трофимец и др., 2017].

Следующим преимуществом такой карты является наглядное отображение системности. Показано, что естественные процессы на одной территории неразрывно связаны с отдалёнными на сотни километров от эпицентра другими районами земной поверхности. По выпуклым и вогнутым потокам происходит транспортировка растворённых в подземных водах геохимических веществ, в том числе и загрязняющих. Так, выбросы вредных веществ с предприятий, размещённых в верхней части отдельно взятого потока, обязательно будут загрязнять почвы нижеследующих частей потока.

Принцип работы экологической потоковой карты рассмотрим на примере Каширского района Московской области. Точность структур можно проверить составлением подобной же карты по горизонталям масштаба 1:10 000. Термодинамическую работу самих реальных потоков надо проверять по разности в биогеохимическом составе почв, пород и вод между начальными и замыкающими, показанными на рис. 6. Биогеохимические свойства почв, пород и вод, взятых в виде проб и образцов по створам потоков, как показано на рис. 6, должны показать закономерную смену биологических и химических веществ от начального створа к замыкающему.

Грунтовые и подземные воды, проходя в течение длительного времени через мощные толщи Каширской дельты, обогащаются теми или иными биологическими и минеральными веществами (в том числе и загрязняющими) и выносят их в итоге в нижней части дельты в Оку. Если периодически фиксировать в определённых точках конечной части дельты (на

замыкающих створах) содержание ионного стока и образцов почв (пород), то можно получить результаты, которые подтвердят или опровергнут предложенную нами модель мониторинга экологического состояния почвенной поверхности Каширского района.

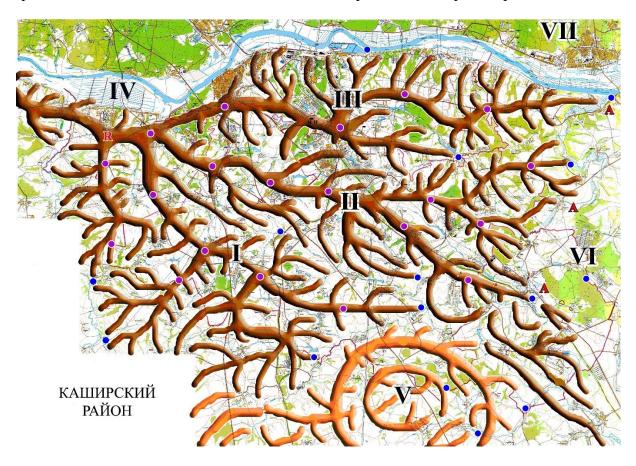


Рис. 6. Места отбора проб воды и образцов почв и пород по трансектам потоков от самой высокой точки (репеллер – красная буква R) до самых низких точек (аттракторы – красные буквы A).

I–III – разновозрастные генерации древней Каширской дельты Оки; IV – современная пойма Оки; V – кольцевая структура; VI, VII – структуры прилегающих к району территорий. Сиреневым цветом отмечены точки бифуркации – разветвления потока, синим – точки концевых частей потока

Fig. 6. Sites of sampling of water, soil and rock on transects of streams from the highest point (repeller – red letter R) to the lowest points (attractors – red letters A).

I–III – different age generations of the ancient Kashir Delta of Oka;

IV – modern floodplain of Oka; V – ring structure;

VI, VII – the structures of territories adjacent to the area.

The points of bifurcation – stream branching – are marked in lilac color, the points of the end parts of the stream – in blue

### выводы

Карты пластики имеют стратегический характер ведения как хозяйственной деятельности, так и рационального использования природных ресурсов и проведения природоохранных мероприятий. Они математически достоверно отражают геологические, почвенные, а с ними микроклиматические процессы. Предлагаемые карты пластики рельефа

доступно отражают динамику литологического, геохимического вещества в виде мельчайших частиц на поверхности или микроэлементов в поверхностных и подземных водах. Потоки таких карт наглядно и математически достоверно указывают пути миграции этих элементов, точки, откуда (наивысшая, репеллер) и куда (низшая, аттрактор) пойдет частица пыли с эрозионного склона или загрязняющие элементы от того или иного предприятия, дороги.

На картах пластики чётко выявляются очертания почвенных систем в виде древовидных ареалов с областями формирования, транзита и аккумуляции водного и солевого стока. К каждой из этих областей приурочены соответствующие, присущие только им, почвы и наносы. Древовидный (потоковый) характер контуров обусловлен тем, что на карте показана связь почв и наносов со спецификой их движения от повышений к понижениям.

Таким образом, с помощью карт пластики рельефа можно:

- моделировать движение загрязняющих веществ по почвенной поверхности и на подповерхностных уровнях;
- анализировать пути миграции и аккумуляции отравляющих веществ и загрязнителей в почвах, грунтах, подземных и грунтовых водах;
- выявлять зоны потенциального возникновения экологических неблагоприятных ситуаций, места возникновения естественных механических и химических барьеров, бассейны или области распространения загрязняющих веществ и другие;
- оптимизировать реорганизацию производственных и жизнеобеспечивающих территорий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ахмадов Х.М. Гармонизация методов, единиц измерения и индикаторов для устойчивого управления и охраны почвенных ресурсов. Самарканд, 2014.
- 2. Докучаев В.В. Избр. Соч. М.: Сельхозгиз, 1949. Т.З. 446 с.
- 3. Степанов И.Н. и др. Временная методика по составлению карт пластики рельефа крупного и среднего масштабов. Метод. рекомендации. Пущино Москва: АН СССР, Минводхоз СССР, Союзгипроводхоз, 1984. 20 с.
- 4. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах. М.: Наука, 2003, 184 с.
- 5. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Баранов И.П., Степанова В.И., Прядуненко Т.И. Изучение влияния микрорельефа палеокриогенного происхождения и древних ложбин стока на латеральное распределение гумуса и цезия-137 чернобыльского происхождения на распахиваемом склоне в ареале серых лесных почв. Международная научно-практическая конференция «Природные ресурсы Центрального региона России и их рациональное использование» 28 ноября 2017 года, г. Орёл. Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2017. С. 118–127.

#### REFERENCES

- 1. Akhmadov H.M. Harmonization of methods, units of measurement and indicators for sustainable management and protection of soil resources. Samarkand, 2014 (in Russian).
- 2. *Dokuchaev V.V.* Selected works. Moscow: Selkhozgiz (Agricultural State Publishing House), 1949. V. 3. 446 p. (in Russian).
- 3. *Stepanov I.N.* Temporary technique for compiling the plastic relief maps, large and medium scales. Method. recommendations. Pushchino–Moscow. The Academy of Sciences of the USSR, Minvodkhoz (Ministry of Water Management), Soyuzgiprovodkhoz (All-Union Institute for Water Engineering Design), 1984. 20 p. (in Russian).
- 4. Stepanov I.N. Space and time in soil science. Moscow: Nauka, 2003. 184 p. (in Russian).
- 5. Trofimets L.N., Panidi E.A., Baranov I.P., Stepanova V.I., Prjadunenko T.I. The study of the influence of microrelief paleocryogenic origin and ancient streambeds on the lateral distribution of humus and cesium-137 of Chernobyl origin on the open slope in the area of grey forest soils.

International scientific and practical conference "Natural resources of the Central region of Russia and their rational use", Orel, November 28, 2017. Orel: Orel State University named after I.S. Turgenev, 2017. P. 118–128 (in Russian).

УДК: 911.2.9:529.94 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-204-216

Е.Г. Суворов<sup>1</sup>, Н.И. Новицкая<sup>2</sup>, А.Д. Китов<sup>3</sup>

# ВРЕМЕННАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ

#### **АННОТАЦИЯ**

Охарактеризованы условия проявления пирогенного фактора в динамике геосистем бассейна озера Байкал на примере данных Прибайкальского национального парка (ПНП). Рассмотрены особенности природных условий территории исследования, акцентировано внимание на территориальной дифференциации климатических условий возникновения очагов лесных пожаров. Протяжённость пожароопасного периода фиксируется с апреля по сентябрь, максимальное количество возгораний отмечается в период весеннее-раннелетней засухи, но при нерегулярных летних засухах очаги возгорания занимают большие площади. В доминирующих на территории горнотаежных геосистемах преобладают низовые пожары. Рассмотрены данные по лесным пожарам с 1978 года. Построена и проанализирована электронная база данных с 1995 по 2017 год с использованием ГИС. Для анализа локальных условий очаги возгораний и ареалы гарей в векторной форме совмещены со слоями топографической основы, лесотаксационной информации, тематическими материалами и полевыми исследованиями Института географии СО РАН, космическими дистанционными данными разных лет на эту территорию, среди которых наиболее информативными оказались синтезированные изображения Landsat ETM 2000-2017 годов.

Интегрально за 1995-2017 годы представлены картографические данные пространственного распределения гарей и выявлены наиболее пожароопасные участки. Проведён площадной анализ гарей. Рассмотрены условия локализации крупных и мелких лесных пожаров. Катастрофические последствия лесных пожаров в горных условиях связаны с активизацией склоновых процессов, деградацией почв; при этом ингибируются процессы восстановления лесов. Констатируется формирование устойчиво длительнопроизводной структуры лесов в бассейне озера Байкал. Подверженность за рассматриваемый период интегрально более половины площади ПНП лесным пожарам характеризуется в Центральной экологической зоне озера Байкал уменьшением водоохранных и средообразующих функций с изменением стокоформирующего и стокорегулирущего потенциалов территории, связанных с послепожарным изменением состояний геосистем. Обосновывается необходимость применения территориально дифференцированных противопожарных мероприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесные пожары, состояние лесного покрова, интегральная картографическая модель

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Уланбаторская, д.1, 664033, Иркутск, Россия, e-mail: suv92@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Уланбаторская, д.1, 664033, Иркутск, Россия, e-mail: natnov@irigs.irk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, ул. Уланбаторская, д.1, 664033, Иркутск, Россия, e-mail: kitov@irigs.irk.ru

# Eugeni G. Suvorov<sup>1</sup>, Natalia I. Novitskaya<sup>2</sup>, Alexander D. Kitov<sup>3</sup>

# TEMPORARY AND SPATIAL LOCALIZATION OF THE FOREST FIRES IN THE LAKE BAIKAL CATCHMENT AREA

#### **ABSTRACT**

The conditions of the pyrogenic factor manifestation in the dynamics of the geosystems of the Baikal basin were described with data of Prebaikalski national park (PNP). Special features of the territory study natural conditions were examined, including the climatic conditions of the appearance of the forest fire centers. The extent of flammable period is fixed since April until September, a maximum quantity of fires is noted in the period of spring-early summer drought, but large forest fire areas take place with the irregular summer droughts. Lower forest fires predominate in the mountain taiga geosystems prevailing within this territory. Data on the forest fires from 1978 year were examined. It was built and analyzed the electronic database of forest fires from 1995 till 2017 year with GIS using. For the analysis of local conditions, the centers of fires and the burnt areas in the vector form were combined with the layers of topographic basis, forest inventory information, the thematic materials and field studies of the Institute of Geography RAS SB, space remote data of the different years for this territory, among which most informative proved to be the synthesized images Landsat-ETM 2000–2017.

It is represented integral cartographical pattern in 1995–2017 of data spatial distribution of forest fire areas where were revealed the most flammable sections. The burnt area analysis was carried out. Localization conditions for large and small forest fires were examined. The catastrophic consequences of forest fires under the mountain conditions are connected with the making more active of slope processes, the degradation of soils as a result the processes of forest cover recovery are inhibited. It is stated the formation of the stably long-term derived forest cover structure in the Baikal basin. During the period in question exposing to forest fires of integrally more than half of PNP area characterizes the decrease of the water-protection and of environment forming functions in the Central ecological zone of the lake Baikal connected with post fire changing of geosystem states. The need of applying the territorially differentiated fire-prevention measures is based.

**KEYWORDS:** forest fires, forest cover states, integral cartographical pattern

#### **ВВЕ**ЛЕНИЕ

Пространственная структура лесов в Сибири отражает изменения экологических условий, обусловленные макрогеографическими причинами, связанными с глобальными различиями широтно- и высотно-зональными, макрорегиональными. По силе воздействия в один ряд с этим стоят изменения структуры лесов под влиянием экзодинамических факторов, формирующих современное состояние геосистем территорий и соответственно региональную сукцессионно-возрастную пространственную структуру биоценозов. Один из основных экзодинамических факторов, влияющих на сукцессионные изменения структуры лесов, который может считаться также естественным – лесные пожары; их проявления повсеместны как в пространстве, так и во времени. Пирогенный фактор рассматривается как

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> V.B.Sochava Institute of Geography RAS SB, Ulanbatorskaya str.,1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* suv92@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> V.B.Sochava Institute of Geography RAS SB, Ulanbatorskaya str.,1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* natnov@irigs.irk.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> V.B.Sochava Institute of Geography RAS SB, Ulanbatorskaya str.,1, 664033, Irkutsk, Russia, *e-mail:* **kitov@irigs.irk.ru** 

естественный, постоянно присутствующий фактор динамических и даже эволюционных изменений геосистем.

Лесные пожары, приводящие к контрастным изменениям свойств биотического компонента геосистем, и последующие многолетние сукцессионно-возрастные смены биогеоценозов в динамике геосистем оказывают влияние на углеродный баланс, газовый состав атмосферы и водный баланс территории [Ваганов и др., 2005; Фёдоров, 1997].

Проявление пирогенного фактора рассмотрено нами на примере особо охраняемой территории Прибайкальского национального парка (ПНП), включённой в Центральную экологическую зону озера Байкал по  $\Phi$ 3 «Об охране озера Байкал» и имеющей первостепенное водоохранное значение.

Несмотря на особое внимание к охране леса от пожаров и противопожарным мероприятиям на особо охраняемой природной территории федерального значения, распространение пожаров в настоящее время отражает повсеместный характер проявления этого фактора, так же, как и во всех сибирских регионах.

В многолетней динамике геосистем наиболее контрастными состояниями полного нарушения растительного покрова являются гари, в результате образования которых имеет место значительная эмиссия углерода из депонированного органического вещества естественных биогеоценозов; существенно изменяются гидрологические свойства участков. Катастрофические последствия лесных пожаров имеют место в горных условиях, где в связи с активизацией склоновых процессов и деградацией почвенного профиля ингибируются процессы восстановления лесов.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Особенности природных условий юго-западного Прибайкалья, такие как горный рельеф, варьирование климата, разнообразие растительного покрова обусловили дифференцированное, местами с высокой степенью контрастности состояние ландшафтной структуры. Из-за локальных различий в распределении осадков и тепла, связанных со сложным характером рельефа на территории, непосредственно окружающей озеро Байкал, сменнются и сосуществуют степные, лугово-болотные, подтаёжные, горно-таёжные, подгольцовые и гольцовые геосистемы, обладающие разной степенью устойчивости и стабилизации своей структуры.

Контрасты природного разнообразия территории усиливаются пестротой сукцессионно-динамических состояний геосистем, возникающих вследствие различных факторов воздействия, кардинальнейший из которых – пирогенный. Условия его проявления определяются как естественными причинами: характером и динамикой климатических условий, возгоранием от молний, дифференциацией свойств геосистем территории и их пространственных сочетаний, так и характером антропогенной деятельности.

Протяжённость национального парка, примыкающего к озеру Байкал, от его южной оконечности до северной – около 470 км. Эту территорию в пределах Южного и Западного Прибайкалья условно можно назвать Юго-западным Прибайкальем. Удалённость границы ПНП от озера значительно варьирует. На севере и в центральной части она неравномерно сужается от 12 до 3 км, а в южной части на протяжении около 110 км достигает почти 33 км. Вся заповедная территория парка относится к Центральной экологической зоне озера Байкал по ФЗ «Об охране озера Байкал» со строгим природоохранным режимом, способствующим реализации водосборных и водоохранных функций крупнейшего резервуара пресной воды в мире.

Согласно физико-географическому районированию [Михеев, 1990; Суворов, 2002] основная часть рассматриваемой территории находится в Прибайкальской гольцово-горнотаёжной и котловинной провинции Байкало-Джугджурской горнотаёжной физико-географической области. А в расширенной южной части — в Верхнеприангарской болотно-остепнённой и подтаёжной подгорной провинции Южно-Сибирской горной физико-географической

области. Прибрежные, узкие участки с севера до истока реки Ангары характеризуются подгорно-степными геосистемами, переходящими по отрогам Байкальского и Приморского хребтов в горно-подтаёжные и выше в горнотаёжные.

Подгорное остепнение заходит вглубь до 12 км, местами представленное спорадически на склонах южных экспозиций. Непосредственно вдоль побережья, окаймляя остепнённые участки, произрастают подтаёжные светлохвойные сосновые и лиственничные рододендроново-душекиевые бруснично-травяные леса. Злаково-разнотравные и разнотравнозлаковые степи небольшими участками по южным и юго-западным склонам встречаются по всему западному побережью. Более сухие мятликово-типчаковые и вострецово-типчаковые степи широко распространены на севере в Приольхонье и на острове Ольхон, занимая низкогорные склоны и озёрно-тектоническую подгорную равнину.

Территориально всё же в пределах национального парка доминируют горнотаёжные геосистемы условий низкогорья и среднегорья с максимальной высотой до 1300 м. В среднегорье коренными являются пихтово-кедровые и лиственнично-кедровые бадановые, кустарничково-зеленомошные с баданом и кустарничково-мелкотравно-зеленомошные леса, занимающие увлажнённые склоны и плоские водоразделы. В значительной степени они замещены устойчиво длительнопроизводными лиственнично-сосновыми и берёзово-сосновыми вторичными лесами.

Низкогорья повсеместно представлены сосновыми и лиственнично-сосновыми рододендроново-душекиевыми бруснично-травяными и кустарничково-зеленомошными (брусника, голубика, багульник) лесами и производными на их месте осиново-берёзовыми травяными сообществами. На юге (Олхинское плато и отроги Восточного Саяна) при преобладании лиственничных и сосново-лиственничных бруснично-багульниково-зеленомошных лесов повсеместно развито возобновление кедра, сохранились участки темнохвойных лесов, что может свидетельствовать о темнохвойной эквифинальной структуре лесов.

Неоднократно подчёркивалось, что растительность юго-западного Прибайкалья ещё до учреждения в 1986 году особо охраняемой территории была сильно нарушена антропогенным фактором – пожарами, промышленными рубками леса, чрезмерным выпасом в степях [Белов, 1990]; особенная трансформация растительности имела место в наиболее освоенных приангарских районах.

Существование на этой территории мозаик сукцессионно-динамических состояний геосистем: от начальных стадий восстановления после внешних воздействий с травяными сосновыми и мелколиственными растительными сообществами до эквифинальных стадий с темнохвойными растительными сообществами свидетельствует о разнообразной и динамичной структуре состояний геосистем, находящейся под воздействием различных факторов.

Осреднённые оценки пожарной опасности трактуют территорию в целом как Южно-Прибайкальский пирологический округ с количеством пожаров за сезон на 100 тыс. га от 2,1 до 7,0 и выше и Западно-Прибайкальский – с варьированием количества пожаров от 0,1 до 7,0. При характеристике пирологических округов принималась во внимание оценка рельефа (высота, расчленённость), климата (сезонная динамика осадков и лесопожарного показателя засухи), растительности и горимости [Софронов и др., 1999].

По данным учёта возгораний на территории ПНП пожары возникают с апреля по сентябрь [Противопожарное устройство..., 1989].

Метеорологические условия определяют потенциальную опасность подготовки растительных горючих материалов к возгоранию [Курбатский, 1964; Валендик, 1985; 1995; Волокитина, Сафронов, 2002]. Характеристики климата даны по материалам местных метеостанций [Научно-прикладной справочник..., 1991; Справочник..., 1966; 1968] и тематических исследований [Буфал, 1966; Suvorov et al., 2008].

Продолжительность солнечного сияния на юге и в средней части озера от 2000 до 2400 ч в год [Буфал, 1966]. Максимальные величины суммарной радиации при средних условиях

облачности — 439,6  $\cdot 10^4$ —460,5  $\cdot 10^4$  кДж/м<sup>2</sup>. Положительные величины радиационного баланса на Байкале достигают 154,9  $\cdot 10^4$ —167,5  $\cdot 10^4$  кДж/м<sup>2</sup>.

На западном побережье Байкала температура воздуха в мае составляет 5,2-5,5 °C, максимальная наблюдается в июле: 14,7-15,4 °C. Южнее майские температуры воздуха имеют бо́льшую амплитуду значений 4,9-6,3 °C.

Высокие горные хребты, окружающие озеро, ограничивают проникновение внешних воздушных течений в котловину озера и приводят к возникновению своеобразного ветрового режима с местными циркуляционными процессами, горно-долинными ветрами и резко выраженными бризами. На западном побережье среднего Байкала средняя годовая скорость ветра доходит до 3 м/с; наибольшая среднемесячная отмечается в апреле-мае – 4 м/с. На юге она составляет около 5 м/с. В пожароопасный сезон скорость ветра различна; наибольшая характерна для мая (4,3). В горах средняя годовая скорость ветра меньше – 1,3 м/с. Сильные ветры со скоростью больше или равной 15 м/с на озере Байкал могут наблюдаться повсеместно. В пожароопасные месяцы суммарно таких дней насчитывается около 18.

Режим осадков определяется главным образом атмосферной циркуляцией, характер которой в тёплом полугодии определяется оживлённой циклонической деятельностью и выпадением 65–85 % годовой суммы осадков. На большей части побережья территории ПНП от посёлка Култук до реки Бугульдейки количество осадков изменяется от 450–500 до 300–350 мм; севернее территория соответствует горно-подтаёжным и подгорно-степным наиболее засушливым условиям, где годовое количество осадков изменяется от 200–250 мм в прибрежной полосе и возрастает до 300–350 в горной части. Их наименьшее количество наблюдается на острове Ольхон (около 200 мм).

От побережья Байкала в низкогорье и среднегорье с горно-таёжной растительностью количество осадков возрастает от 300–400 мм и до 600 мм. По экспериментальным данным в интервале высот 460–500 м осадки увеличиваются с градиентом 25 мм на 100 м [Антипов, Петров, 1990].

В пожароопасный период менее всего осадков выпадает в апреле-мае. Максимум отмечается в августе на территории Среднего Прибайкалья (55–60 мм) и в июле на западном побережье (64 мм). К сентябрю количество осадков уменьшается на всей рассматриваемой территории.

Снежный покров появляется обычно на среднем Байкале в первой декаде ноября, на юге – в середине октября, а сходит в конце апреля – начале мая.

Относительная влажность воздуха в апреле-мае минимальна и составляет в средней части западного побережья озера 54–56 %, в южной и в горах -59–65 %. С июля по август относительная влажность воздуха увеличивается до 74–80 %, затем в сентябре понижается до 65–77 %

Наибольшее количество сухих дней (с влажностью 30 % и ниже) наблюдается в апреле, в июле-августе число сухих дней уменьшается (до 0,1), а в сентябре возрастает до 0,3 на западном побережье Южного Прибайкалья и до 1,6 в горных районах. В отдельные годы число сухих дней значительно отклоняется от указанных значений. Засушливый период может длиться более декады непрерывно или с небольшим перерывом, что провоцирует возникновение пожаров.

На основании многолетних данных о времени возникновения первых пожаров начало пожароопасного сезона устанавливается с апреля после схода снежного покрова. Они обусловливаются весенним ходом климатических условий и наличием источников огня в лесу.

Согласно лесохозяйственным данным по распространению пожаров в ПНП, охватывающих период до его образования [Противопожарное устройство..., 1989], при площади земель лесного фонда на момент устройства 475,6 тыс. га, покрытая лесом территория составляла 278,3 тыс. га (58,5 %), в том числе хвойные (сосновые,

лиственничные и кедровые) леса занимали 224 тыс. га (или 80,4 %). Преобладали разнотравные, бадановые и багульниковые типы леса. Площадь наиболее опасных в пожарном отношении растительных сообществ – хвойных молодняков и лесных культур – составляла 35,8 тыс. га или 12,9 % от покрытых лесом земель. Природная пожарная опасность земель лесного фонда на основе пятибалльной шкалы И.С. Мелехова [1947] с учётом типологической структуры лесов оценивалась на уровне среднего класса – II, 4 (таксономической единицей учёта пожарного выдела определялся квартал лесоустройства).

В настоящее время при противопожарном устройстве используется шкала, переработанная и дополненная И.В. Овсянниковым [1978]. Категории лесов распределены в ней по классам пожарной опасности с учётом очерёдности пожарного созревания, а также возможности развития сильных пожаров. Наиболее распространен ІІ класс. К нему относятся сосняки брусничные, особенно при наличии соснового подроста или яруса из можжевельника выше средней густоты, лиственничники с подлеском из кедрового стланика, кедровники с наличием густого подроста или разновозрастные леса с вертикальной сомкнутостью полога. Пожарная опасность устанавливается на класс выше для следующих участков леса: для хвойных насаждений, строение которых или другие особенности способствуют переходу лесного пожара в верховой (густой высокий подрост хвойных, значительная захламлённость и тому подобное); для небольших участков леса на суходолах, окружённых площадями с повышенной горимостью; для лесных участков, примыкающих к дорогам общего пользования, железным дорогам и посёлкам. Низовые пожары при этом возможны в течение всего пожароопасного сезона, а верховые — в периоды пожарных максимумов.

При всей практической значимости классификации отмечается, что к IV классу отнесены не только слабо горимые сфагновые и долгомошные сосняки, но и все травяные типы леса, хотя весной и осенью на юге Сибири пожары в них нередко превращаются в стихийное бедствие. Ведётся разработка других классификаций.

Вместе с тем даже данная схема позволяет более детально дифференцировать территорию по пирогенной опасности при оценке условий не через лесохозяйственную единицу, а по типам однородных природных условий, что может давать ландшафтно-типологическое картирование. Чтобы подойти к такой оценке, были проанализированы материалы по распределению лесных пожаров в Прибайкальском национальном парке.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего за десятилетний период до устройства особо охраняемой территории федерального значения (1978–1987 годы) было зафиксировано 137 лесных пожаров на площади 2750,1 га; средняя площадь гари составила 20,1 га. По относительной горимости по годам и числу случаев возгораний на один млн га (шкала «Союзгипролесхоза») и по пройденной огнём площади на одну тыс. га территория попадала в градацию ниже средней (от 6 до 50) и выше средней (от 0,5 до 1,0) [Противопожарное устройство..., 1989]. Продолжительность пожароопасного сезона с момента регистрации первого и последнего пожара составляла 154 дня. По числу и площади пожаров максимумы пожароопасного сезона приходились на май-июнь (соответственно 43,8 и 16,8 % в мае; 50,8 и 40,3 % в июне).

Пожары носят низовой, устойчивый характер, в результате чего в основном выгорает подстилка и повреждаются корневые системы деревьев, что при доминировании маломощных горных почв приводит в дальнейшем к усыханию насаждений.

Основная причина возникновения пожаров — неосторожное обращение в лесу с огнём (80%); другая причина — молнии (9%). Почти каждый семнадцатый пожар (5,8%) происходит по невыявленным обстоятельствам.

Бо́льшая часть территории находится под наблюдением авиационной охраны лесов. Авиацией обнаруживается 30.5% пожаров, из них 80% выявляются на площади до 0.5 га, в том числе 51% — до 0.1 га, что свидетельствует о достаточной оперативности. Но

ликвидируются только 39,4 % пожаров площадью до 0,5 га и примерно шестая часть площадью несколько десятков га. Более 77,9 % пожаров тушилось свыше одних суток.

Для сравнения на территории Слюдянского лесхоза, примыкающего к национальному парку в Южном Прибайкалье, за период 1974—1988 годов был отмечен только 21 лесной пожар при средней площади одного 16,1 га. Территория лесхоза сопоставима с ПНП — 352 тыс. га, но следует отметить, что физико-географические условия, в том числе климатические, ландшафтная структура и структура состояний геосистем [Михеев, 1990; Суворов, 2002; Трофимова, 2002], а также транспортная и селитебная инфраструктура достаточно разнятся.

При оправданности анализа осреднённых оценок по лесхозам для мелкомасштабного пирологического районирования представляет интерес рассмотрение ситуационной динамики пожаров и условий их локализации.

Индивидуальности лесных пожаров достаточно многолики. Для территории Прибай-кальского национального парка имеются многолетние статистические данные по распространению пожаров, которые позволяют нам построить и проанализировать базу данных по лесным пожарам с использованием электронных таблиц, отражающих учёт возгораний лесов на территории парка с 1995 года по настоящее время. В ней отмечены место возгорания (приуроченность к кварталу), дата, площадь, возможные причины. Привязка пожаров к топографической и лесоустроительной основе даёт возможность более комплексно с учётом разнообразия ландшафтной структуры территории анализировать условия их возникновения и распространения. Для анализа локальных условий очаги возгораний и ареалы гарей в векторной форме были совмещены с растровыми слоями топографической основы, лесотаксационной информации, тематическими материалами и полевыми исследованиями Института географии СО РАН, космическими дистанционными данными разных лет на эту территорию, среди которых наиболее информативными оказались синтезированные нами изображения Landsat ETM 2000—2017 годов, представляемые в 7 зонах спектра, которые при синтезе с 8 каналом дают разрешение 15 м (http://www.landsat.org).

Точки возгораний, которые в базе национального парка ведутся на лесоустроительный квартал, были реально локализованы на местности по натурным наблюдениям обследуемой нами территории и имеющимся дистанционным данным, на которых ареалы гарей, особенно свежие, отчётливо дешифрируются.

С 1995 по 2017 годы на территории ПНП было зафиксировано 484 пожаров, что отражено на рисунке и в таблице.

Общая площадь, пройденная пожарами, составила 115 754 га, средняя площадь одного пожара — 239 га. Площади гарей сильно варьируют. Количество мелких возгораний (с гарями < 0,5 га) было 60 (12,4 % от общего количества), в диапазоне  $\geq$  0,5 - < 5 га - 178 (36,8 %),  $\geq$  5 - < 200 га - 199 (41,1 %), а крупных ( $\geq$  200 га) - 47 (9,7 %). В отдельные годы были зафиксированы гари, достигающие более 1000 га: в 1996 году - 1117 га в мае, в 1997 году - 1400 га в конце мая и 1650 га в августе, в 1998 году - 1500 в мае, в 2000 году - 2000 га в мае, в 2006 году - 1422,8 га в мае, в 2014 году - 1088,3 в июне. Но наиболее обширные площади были пройдены пожарами в августе 2015 года: 7345, 9238, 9792, 4337 га - все на севере в горных районах.

По годам наибольшая территория, пройденная пожарами, отмечена в 2015 году -33 284 га, в 2010 году -26712 га и в 1997 году -5709,5 га. Наиболее пожароопасным по количеству возгораний оказался 2003 год -62 случаев-возгораний.

Обращает на себя внимание существенная разница в осреднённых статистических данных количества лесных пожаров на одной и той же территории, характеризующейся сравнительно одинаковыми природными условиями, до образования особо охраняемой природной территории и после. Это можно объяснять не только отличиями в динамике климатических условий, но и такими факторами, как смена хозяйствующего субъекта на этой территории и поэтому разным отношением к фиксации лесных пожаров, разрастанием

инфраструктуры прибрежных посёлков, а также возросшим использованием территории как туристического ресурса.

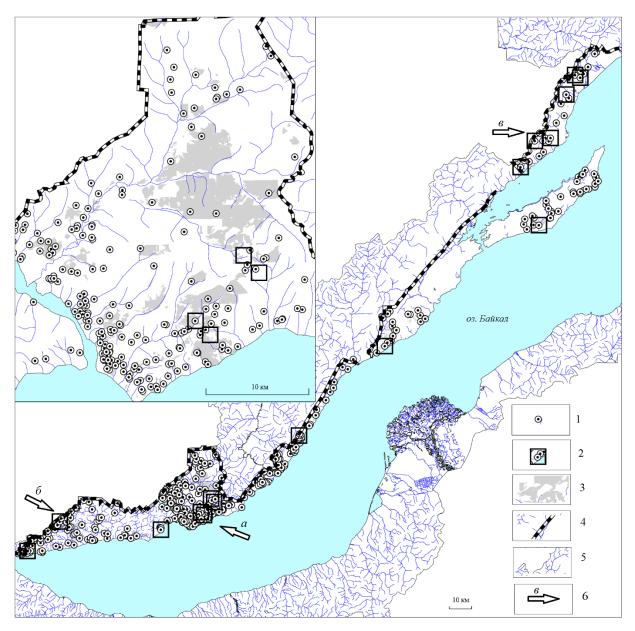


Рис. 1. Распределение очагов пожаров

по территории Прибайкальского национального парка в 1995–2017 годах.

- 1) очаги лесных пожаров площадью меньше 200 га; 2) очаги лесных пожаров площадью больше 200 га; 3) площади гарей по таксации 1991 года;
  - 4) граница Прибайкальского национального парка;
- 5) граница Центральной экологической зоны по ФЗ «Об охране озера Байкал»;
  - 6) рассмотренные ситуации (а, б, в см. текст)

Fig. Distribution of forest fire centers

on the territory of the Pribaikalski National Park in 1995–2017.

- 1) the centers of forest fires with the area are less than 200 ha; 2) the centers of forest fires with the area are more than 200 ha; 3) burnt areas according to forest inventory in 1991;
  - 4) the border of Pribaikalski National Park;
  - 5) the border of Central ecological zone in accordance with federal law "On the Lake Baikal protection"; 6) the examined situations (a, δ, в in text)

Табл. 1. Лесные пожары на территории Прибайкальского национального парка в 2006–2017 годах

Год Year	Количество лесных пожаров Quantity of forest fires	Общая площадь гари, га Total burnt area, ha	Пожары площадью более 200 га Forest fires more than 200 ha
2006	25	24229,5	2
2007	32	3954,1	7
2008	15	301,2	
2009	22	1216,6	1
2010	28	26712,22	
2011	12	322,5	
2012	1	7.0	
2013	9	138,1	
2014	40	1535,75	1
2015	28	33284,5	6
2016	11	273,7	
2017	6	608,6	1
Всего	229	92583.77	18

Пространственное распределение случаев возгорания лесов (рис. 1) неравномерно и не имеет явного соответствия дифференциации по увлажнению территории в тёплый период года [Трофимова, 2002]. Наиболее вероятная причина — воздействие антропогенного фактора. По концентрации очагов возгораний наибольшее количество отмечается вблизи селитебной зоны вокруг посёлка Листвянка, крупного рекреационного центра на берегу Байкала (рис. 1, а). Это береговая зона, примыкающая к посёлкам, базам отдыха, а также дорогам разного назначения.

Локализация крупных пожаров совпадает с доминированием в территориальной структуре устойчиво-производных состояний горнотаёжных геосистем. Для районов их распространения характерны мелколиственные растительные сообщества, как на Олхинском плоскогорье на юге ПНП. Кроме того, здесь иногда ареалы крупных пожаров заходят с примыкающих к национальному парку территорий (рис. 1, б).

Отсутствие возгораний за 10-летний период во вторичных структурах состояний геосистем с распространением только мелких пожаров даёт возможность, как показывают полевые описания, удовлетворительного восстановления хвойных лесов, возобновления кедра и пихты под пологом мелколиственных.

Мощные пожары имели место в мае-июне. Часто они отмечаются на фоне многочисленных мелких возгораний. Крупный, площадью 2000 га пожар (низовой, беглый, сильный) произошёл в последнюю декаду мая 2000 года в правобережье реки Черемшанки, в Приморско-Онотском горно-таёжном и подтаёжном округе; он охватил приводораздельные и склоновые местоположения южной экспозиции, представленные сосновыми и мелколиственными травянистыми лесами. Естественную преграду он имел с юга — долину реки Черемшанки; фактически выгорел только склон южной экспозиции.

Пример другого крупного пожара в этом же районе – пожар площадью 1150 га, произошедший в середине мая 1998 года. Гарь в верховьях пади Никулиха также заняла склон юго-восточной экспозиции. С одной стороны ограниченная верховьями реки по пади, она распространялась от долинных комплексов до водораздельного отрога. Данный пожар произошел в устойчиво-производной территориальной структуре горно-таёжных геосистем с распространением мелколиственных травяных растительных сообществ.

Обычно большие по площади пожары имеют место в достаточно удалённых от селитебных зон и дорог местах. Очевидно, антропогенное происхождение имел пожар в мае 1998 года на площади 1100 га в пади Распопиха, локализуясь рядом с тропой, идущей от Ангарского водохранилища.

Обширный ареал гари на Олхинском плоскогорье (предгорно-возвышенный горнотаёжный район) отчётливо фиксировался на синтезированном снимке 2002 года. Это площадь по крайней мере четырёх, произошедших в разные годы на протяжении десяти лет, возгораний. Здесь в мае 1998 года была зафиксирована крупная гарь — 1100 га.

Распространение возгораний в разные годы и вторичная структура состояний геосистем с сосновыми и мелколиственными лесами свидетельствуют о неоднократном повторном выгорании. Этот ареал ограничивается долинными комплексами, но при этом охватывает верховья междуречий нескольких рек.

Территориально гари связаны с пожарами, подходящими к границам национального парка с севера (рис. 1, б).

В 2003 году было зафиксировано 62 пожара (общая площадь гарей свыше 5000 га); из них девять крупных (каждый более 200 га). Все они произошли в посещаемых местах на склонах падей Еловка, Кирпичная, Большие Коты, в окрестностях деревни Таловка, в 300—800 м от дорог и просек в средневозрастных сосновых и мелколиственных лесах. Распространение огня происходило по типу низового пожара устойчивого и верхового средней интенсивности.

Суммарное распределение очагов возгораний показывает их концентрацию во вторичных структурах состояний геосистем и поддерживает их пространственную структуру на протяжении длительного времени, что характеризует геосистемы как устойчиво-длительно-производные. При этом немаловажное значение имеет фактор локальной транспортной доступности.

Основная часть пожаров происходит в мае-июне. Во влажные годы преимущественно имеет место распространение мелких пожаров; годы повышенной сухости определяют более равномерное распределение крупных пожаров.

Как указывалось, самые обширные лесные пожары были зафиксированы на севере ПНП в 2015 году в верхней части горнотаёжного пояса, где распространены леса ограниченного и редуцированного развития из лиственницы и кедра и заросли кедрового стланика на высотах около 1000 м над уровнем моря и выше, в нехарактерное для массовых возгораний время — в августе, чему способствовал комплекс условий: климатических с продолжительным засушливым периодом и локальными сухими грозами, высокий уровень горимости растительного материала, хвойных, деревьев и кустарников, накопленной напочвенной мёртвой органики в межпожарный период, обладающей высокой горимостью, а также труднодоступностью и сложностью пожаротушения в горах (рис. 1, в).

## выводы

Анализ распределения очагов возгораний показывает их концентрацию во вторичных структурах состояний геосистем, что обусловливает их длительное существование и устойчивый характер структуры состояний геосистем с производной растительностью как непосредственно в прибрежной зоне озера Байкал, так и на остальной части ПНП. В целом за рассматриваемый период 1995–2017 годов почти половина территории ПНП была подвержена воздействию лесных пожаров. Несмотря на то, что они произошли в разное время, но интегрально характеризуют в Центральной экологической зоне озера Байкал уменьшение водоохранных и средообразующих функций с изменением стокоформирующего и стокорегулирущего потенциалов территории, связанных с послепожарным изменением состояний геосистем. Если принять во внимание, что в горных условиях с редуцированием лесов

происходит изменение гидрологической значимости участков от высокой, характеризующихся устойчивой равномерной водоотдачей, регулирующим и стабилизирующим влиянием биогеоценозов, с большой регулирующей ёмкостью напочвенного покрова; до низкого гидрологического значения, с увеличением интенсивности стекания талых и дождевых вод, увеличением физического испарения, деградацией напочвенного покрова и соответственно уменьшением стокорегулирующих функций [Фёдоров, 1997].

Территория Прибайкальского национального парка имеет напряженную пожароопасную ситуацию, оказывающую прямое влияние на выполнение водоохраной и средорегулирующей функций. Существующее ситуационное разнообразие условий возникновения лесных пожаров требует территориальной дифференциации охранных мероприятий.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке проекта «Структурное разнообразие и развитие геосистем Сибири в позднем голоцене в условиях глобальных изменений климата и антропогенного прессинга (IX.127.2)» и при поддержке гранта РФФИ 16-05-00902А «Механизмы самоорганизации геосистем Прибайкалья».

Авторы выражают признательность администрации «Заповедного Прибайкалья» за возможность использования данных по лесным пожарам Прибайкальского национального парка.

### **ACKNOWLEDGEMENTS**

This work was done under SB RAS project "Structural diversity and geosystems development of Siberia in Late Holocene under conditions of global climate changes and anthropogenic pressure (IX.127.2)"; supported by grant 16-05-00902 "Mechanisms of self-organization of Geosystems of Baikal".

The authors express gratitude to the administration of "The Reserved Pribaikalie" for the possibility of data using on forest fires of The Pribaikalski National Park.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Антипов А.Н., Петров А.В. Ландшафтно-гидрологическая характеристика. Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала. Новосибирск: Наука, 1990. С. 113–129.
- 2. Белов А.В. Растительность. Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала. Новосибирск: Наука, 1990. С. 147–154.
- 3. *Буфал В.В.* Радиационный режим котловины оз. Байкал и его роль в формировании климата. Климат оз. Байкал и Прибайкалья. М.: Наука, 1966. С. 34–70.
- 4. Ваганов Е.А., Ведрова Э.Ф., Верховец С.В., Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Круглов В.Б., Онучин А.А., Сухинин А.И., Шибистова О.Б. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода. Сибирский экологический журнал, 2005. № 4. С. 631–649.
- 5. Валендик Э.Н. Синоптические ситуации, определяющие возникновение крупных лесных пожаров. Лесные пожары и их последствия. Красноярск: ИЛиД СО АН СССР (Институт леса и древесины), 1985. С. 5–12.
- 6. *Валендик Э.Н.* Крупные лесные пожары в Сибири. География и природ. ресурсы, 1995. № 1. С. 85–92.
- 7. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 306 с.
- 8. *Курбатский Н.П.* Проблема лесных пожаров. Возникновение лесных пожаров. М.: Наука, 1964. С. 5–52.
- 9. *Мелехов И.С.* Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГИЗ (Объединение государственных книжно-журнальных издательств), 1947. 60 с.
- 10. Михеев В.С. Ландшафтная структура. Природопользование и охрана среды в бассейне Байкала. Новосибирск: Наука, 1990. С. 7–29.

- 11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. Сер. 3. Ч. 1-6. Вып. 22. 604 с.
- 12. Овсянников И.В. Противопожарное устройство лесов. М.: Лесная промышленность, 1978.112 с.
- 13. Противопожарное устройство лесов. Схема Генерального плана организации Прибай-кальского государственного природного национального парка. 4695-3С. М.: Лесное хозяйство, 1989. Кн. 2. Т. 4. 156 с.
- 14. *Софронов М.А.*, *Антропов В.Ф.*, *Волокитина А.В.* Пирологическая характеристика растительности бассейна озера Байкал. География и природ. ресурсы, 1999. № 2. С. 52–58.
- 15. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1966; 1968. Вып. 22. Ч. II. 359 с.; Ч. IV. 278 с.
- 16. *Суворов Е.Г.* Общие физико-географические условия территории. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Слюдянский район. Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 2002. С. 53–58.
- 17. Трофимова И.Е. Типизация и картографирование климатов Байкальской горно-котловинной системы. География и природ. ресурсы, 2002. № 2. С. 53–61.
- 18. Фёдоров В.Н. Воды. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Бассейн р. Голоустной. Иркутск, Ганновер: Издательство Института географии СО РАН, 1997. С. 82–90.
- 19. Suvorov E.G., Novitskaya N.I., Kitov A.D., Maksyutova E.V. The manifestation of the pyrogenic factor in the geosystem dynamics of the southwestern Baikal region. Geography and Natural Resources, 2008. Published by Elsevier. V. 29. Iss. 2. P. 156–162.

#### REFERENCES

- 1. *Antipov A.N.*, *Petrov A.V.* Landscape hydrological characteristic. Nature management and environment protection in the Baikal basin. Novosibirsk: Science, 1990. P. 113–129 (in Russian).
- 2. *Belov A.V.* Vegetation. Nature management and environment protection in the Baikal basin. Novosibirsk: Science, 1990. P. 147–154 (in Russian).
- 3. *Buffal V.V.* Radiation regime of the Lake Baikal depression and its role in the climate formation. Climate of tyohe Baikal Lake and Pribaikalie. Moscow: Science, 1966. P. 34–70 (in Russian).
- 4. *Fyodorov V.N.* Waters. Ecologically oriented planning of nature management in the Baikal region. The Goloustnaya river basin. Irkutsk, Hannover: Institute of Geography RAS SB, 1997. P. 82–90 (in Russian).
- 5. Fire-prevention forests arrangement. Scheme of the general plan of the Baikal state natural national park organization. 4695-ZS. Moscow: Forestry, 1989. Book 2. V. 4. 156 p. (in Russian).
- 6. *Kurbatski N.P.* The problem of forest fires. Beginnings of forest fires. Moscow: Science, 1964. P. 5–52 (in Russian).
- 7. *Melekhov I.S.* Forest nature and forest fires. Arkhangelsk: ASBMP (Association of state book and magazine publishers), 1947. 60 p. (in Russian).
- 8. *Mikheev V.S.* Landscape structure. Nature management and environment protection in the Baikal basin. Novosibirsk: Science, 1990. P. 7–29 (in Russian).
- 9. *Ovsyannikov I.V.* Fire-prevention forests arrangement. Moscow: Forest industry, 1978. 112 p. (in Russian).
- 10. Reference book on the climate of the USSR. Leningrad: Gidrometizdat (Hydrometeo Publishing), 1966; 1968. Iss. 22. Part II. 359 p.; Part IV. 278 p. (in Russian).
- 11. Scientific applied reference book on the climate of the USSR. Perennial data. Leningrad: Gidrometizdat (Hydrometeo Publishing), 1991. Ser. 3. Part 1–6. Iss. 22. 604 p. (in Russian).
- 12. *Sofronov M.A.*, *Antropov V.F.*, *Volokitina A.V.* Pyrological characteristic of the Baikal lake basin vegetation. Geography and Natural Resources, 1999. No 2. P. 52–58 (in Russian).

- 13. *Suvorov E.G.* General physical geographical conditions of the territory. Ecologically oriented planning of nature management in the Baikal region. Slyudyanka district. Irkutsk: Institute of Geography RAS SB, 2002. P. 53–58 (in Russian).
- 14. *Suvorov E.G.*, *Novitskaya N.I.*, *Kitov A.D.*, *Maksyutova E.V.* The manifestation of the pyrogenic factor in the geosystem dynamics of the south-western Baikal region. Geography and Natural Resources, 2008. Published by Elsevier. V. 29. Iss. 2. P. 156–162.
- 15. *Trofimova I.E.* Typification and climates mapping of the Baikal mountain depression system. Geography and Natural Resources, 2002. No 2. P. 53–61 (in Russian).
- 16. Vaganov E.A., Vedrova E.F., Verkhovets S.V., Efremov S.P., Efremova T.T., Kruglov V.B., Onuchin A.A., Sukhinin A. I., Chibisova O.B.. Forests and swamps of Siberia in the carbon global cycle. Siberian ecological journal, 2005. No 4. P. 631–649 (in Russian).
- 17. *Valendik A.N.* Synoptic situations, which determine the start of the large forest fires. Forest fires and their consequences. Krasnoyarsk: IFAW SB AS USSR (Institute of Forest and Wood), 1985. P. 5–12 (in Russian).
- 18. *Valendik A.N.* Large forest fires in Siberia. Geography and Natural Resources, 1995. No 1. P. 85–92 (in Russian).
- 19. *Volokitina A.V., Sofronov M.A.* Classification and mapping of plant combustible materials. Novosibirsk: SB of RAS Publishing, 2002. 306 p. (in Russian).

УДК 551.4.03:528.067.4

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-217-231

Л.Н. Трофимец<sup>1</sup>, Е.А. Паниди<sup>2</sup>, Н.Н. Чаадаева<sup>3</sup>, Е.А. Санкова<sup>4</sup>, Т.Л. Иванёха<sup>5</sup>, А.И. Петелько<sup>6</sup>

# ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕРЬ ПОЧВЫ В ТАЛЬВЕГАХ РУЧЬЁВ, СФОРМИРОВАННЫХ ЛИВНЕВЫМИ ОСАДКАМИ В РАЗВАЛЬНЫХ БОРОЗДАХ НА РАСПАХИВАЕМЫХ СКЛОНАХ: ПРИМЕНЕНИЕ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ, ГИС И РАДИОЦЕЗИЕВОГО МЕТОДА

# **АННОТАЦИЯ**

В работе представлены результаты исследования процесса формирования эрозионной сети природно-антропогенного происхождения на распахиваемом склоне в бассейне верхней Оки (Орловская область). На примере 2014 года показано, что интенсивные осадки (суточная сумма которых сравнима со средней многолетней месячной суммой), выпавшие в период, когда поле не было защищено растительностью (в конце июня и сентября 2014 года), сформировали ручейковую сеть, пространственная организация которой своим происхождением обязана развальным бороздам. Обнаружить этот факт помог спутниковый снимок от 7 июля 2014 года. Измерение активности цезия-137 чернобыльского происхождения в почве тальвегов древних ложбин стока и тальвегов ручьёв, сформированных ливневыми дождями лета-осени 2014 года в развальных бороздах, сделало возможным оценку зависимостей активности цезия-137 от морфометрических параметров рельефа, рассчитанных средствами ГИС (площади сбора и профильной кривизны рельефа) как для древних ложбин стока, так для ручьёв. В результате сравнительного анализа было обнаружено, что на склоне северной экспозиции смыв почвы в ручьях, сформированных в развальных бороздах, превышает смыв почвы в древних ложбинах стока более чем на 20 % (вплоть до 50 %) при сопоставимых значениях площади сбора. Смыв почвы в ручьях можно прогнозировать по полученным зависимостям для ложбин стока (при условии введения соответствующих повышающих коэффициентов), если имеются спутниковые снимки июня-сентября и срочные данные по атмосферным осадкам. Смыв почвы в колеях от техники (при принятии допустимой погрешности оценки смыва почвы в 20 %) можно рассчитывать по уравнениям, полученным для межложбинных поверхностей. Там, где ручьи пересекают древние ложбины стока, расчёт смыва почвы должен осуществляться по зависимостям, полученным для древних ложбин стока.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** спутниковые снимки, удельная активность цезия-137, ложбины, развальные борозды, ГИС

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, институт естественных наук и биотехнологии, кафедра географии, ул. Комсомольская, д. 95, 302026, Орёл, Россия, *e-mail:* **trofimetc l n@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, 10 линия ВО, д. 33, 199178, Санкт-Петербург, Россия;

e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, институт естественных наук и биотехнологии, кафедра географии, ул. Комсомольская, д. 95, 302026, Орёл, Россия, *e-mail*: n chaadaeva@**list.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, институт естественных наук и биотехнологии, кафедра географии, ул. Комсомольская, д. 95, 302026, Орёл, Россия, *e-mail*: alena7orel@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский», ул. Молодежная, д.7, 302502,

Орловский район, поселок Стрелецкий, Россия, e-mail: ivaneha.taras@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Новосильская ЗАГЛОС, улица Семашко, 2 а, 303035, Мценск, Россия, *e-mail*: zaglos@mail.ru

Lyubov N. Trofietz<sup>1</sup>, Evgeny A. Panidi<sup>2</sup>, Natalia N. Chaadaeva<sup>3</sup>, Elena A. Sankova<sup>4</sup>, Taras L. Ivaneha<sup>5</sup>, Anatoly I. Petelko<sup>6</sup>

# ESTIMATION OF THE QUANTITY OF SOIL LOSS IN THE THALWEGS OF THE STREAMS FORMED BY HEAVY RAINFALLS IN THE BREAKUP FURROWS AT ARABLE SLOPES: APPLICATION OF SATELLITE IMAGERY, GIS AND RADIOCESIUM METHOD

#### **ABSTRACT**

The paper presents some results of the study of natural-anthropogenic erosion network formation on open slope in the upper Oka basin (Orel region). On the example of 2014, it is shown that intensive precipitation (daily amount is comparable to the multi-year-averaged monthly amount), fell during the period when the field is not protected by vegetation (end of June and end of September, 2014), formed a breakup-furrow-based stream network. The satellite image collected on July 7, 2014 helped to detect this fact. Measurements of activity of the Chernobyl origin cesium-137 in the soil of thalwegs of the ancient ravines and modern streams (formed by the heavy rains of the summer and autumn of 2014 in breakup furrows), made it possible to estimate dependencies between cesium-137 activity and morphometric parameters of relief (catchment area and profile curvature) estimated by means of GIS for ancient ravines and modern streams. As a result of comparative analysis, it was found that the soil runoff on the Northern aspect slope in modern streams exceeds the runoff in the ancient ravines for more than 20 % (up to 50 %), while the values of catchment area are comparable. Soil runoff in modern streams can be predicted using the dependencies obtained for ancient ravines (applying corresponding raising factors) if June-September satellite imagery and precipitation monitoring data are available. Soil runoff in the tracks of agricultural machinery (with the 20 % evaluation error) can be estimated using equations obtained for inter-ravine surfaces. Where streams cross ancient ravines, calculation of soil washout must be performed by dependencies obtained for ancient ravines.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** satellite imagery, specific activity of cesium-137, ravines, breakup furrows, GIS

# **ВВЕДЕНИЕ**

В условиях, когда интенсивные осадки (более 10 мм/сутки) выпадают на не защищённые растительным покровом подготовленные к севу поля после залежи (в северной лесостепи это июнь – сентябрь), активизируется деятельность ручьёв природно-антропогенного происхождения. Эти ручьи своим происхождением обязаны развальным бороздам (которые, как правило, образуются в процессе подготовки полей к севу, то есть после дискования, проводимого с целью уничтожения сорняков). Помимо этих ручьёв, смыв почвы осуществляется по тальвегам древних ложбин стока. Эти элементы эрозионной сети хорошо распознаются, например, на топографических картах масштаба 1:10 000. К перечисленным

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography, Komsomolskaya st., 95, 302026, Orel, Russia, *e-mail*: **trofimetc\_l\_n@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, 10<sup>th</sup> line VO, 33, 199178, St. Petersburg, Russia, *e-mail*: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography, Komsomolskaya st., 95, 302026, Orel, Russia, *e-mail*: **n\_chaadaeva@list.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography, Komsomolskaya st., 95, 302026, Orel, Russia, *e-mail*: alena7orel@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Center of Chemicalization and Agricultural Radiology "Orlovsky", Molodezhnaya st., 7, 302502, Orel, Russia, *e-mail:* **ivaneha.taras@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Novosilskaya ZAGLOS, Semashko st., 2a, 303035, Mtsensk, Russia, e-mail: zaglos@mail.ru

элементам эрозионной сети могут добавляться элементы эрозионной сети, обусловленные другими причинами антропогенного происхождения (например, колеи от автотранспорта). Для распознавания элементов природно-антропогенной эрозионной сети возможно привлекать как материалы крупномасштабной топографической съёмки анализируемого участка, так и спутниковые снимки сверхвысокого пространственного разрешения (0,5 м/пикс). Смыв почвы существенно ухудшает показатели плодородия почвы, поэтому оценка вклада каждого компонента эрозионной сети в процесс потери почвой питательных веществ остаётся весьма актуальной.

В связи с этим по-прежнему значимыми являются поиски таких методов расчёта смыва почвы на распахиваемых склонах по картографическим данным, которые учитывали бы смыв почвы в элементах эрозионной сети, не отображаемых на картах. Большие возможности при проведении этих исследований даёт привлечение ГИС-анализа к расчёту и картографированию морфометрических показателей рельефа. Рельеф (как индикатор смыва почвы) в таких исследованиях является наиболее информативным [Шарый, 2005 и другие работы]. Для экспериментального установления смыва почвы активно используются ландшафтно-индикационные методы и методы маркеров (в частности, радиоцезиевый). Цезий-137 чернобыльского происхождения хорошо маркирует величину и интенсивность смыва почвы [Голосов, 2006; Линник, 2008; Маркелов, 2004; Жидкин и др., 2015; Fulajtar, 2003; Owens, Walling, 1996 и другие работы]. Один из подходов при анализе рельефа основывается на выделении в пределах водосбора однородных морфологических элементов [Ferro et al., 1998], для каждого из которых определяется смыв.

В условиях распахиваемых склоновых поверхностей топографические карты масштаба 1:10 000 (применяемые в землепользовании) и построенные на их основе средствами ГИС карты морфометрических характеристик рельефа могут служить основой для расчёта смыва почвы. В этом случае морфологическими элементами эрозионной сети могут выступать тальвеги древних ложбин стока (участки наиболее интенсивного смыва почвы) и межложбинные водоразделы (участки относительно несмытых или слабосмытых почв). Разумеется, это лишь основные морфологические элементы. Эти элементы эрозионной сети являются наиболее характерными участками распахиваемого склона, в пределах которых смыв осуществляется с разной степенью интенсивности. Следующая группа элементов эрозионной сети, имеющих природно-антропогенное происхождение, - это тальвеги ручьёв, действующих в период высокого стока (талого или ливневого). Древние ложбины стока и ручьи природно-антропогенного происхождения изучались на экспериментальном полигоне в пределах распахиваемых склонов южной и северной экспозиции в бассейне реки Сухая Орлица (бассейн верхней Оки). Почвы – серые лесные пахотные – явились объектом исследования. Предмет исследования – смыв почвы в пределах перечисленных элементов природной и природно-антропогенной сети и возможность его оценки с помощью удельной активности цезия-137 чернобыльского происхождения и морфометрических показателей рельефа.

Основная цель работы — выявление особенностей пространственного распределения удельной активности цезия-137 чернобыльского происхождения (как индикатора смыва серой лесной почвы на распахиваемых склонах в перигляциальной зоне Восточно-Европейской равнины) и сравнительная оценка роли элементов эрозионной сети природного (древние ложбины стока) и природно-антропогенного происхождения (ручьи, сформировавшиеся в результате ливневых дождей вдоль развальных борозд) в формировании смыва почвы.

Интенсивность эрозии идентифицировалась удельной активностью цезия-137 чернобыльского происхождения [Трофимец и др., 2014; 2016; 2017]. Исследовалась возможность установления количественных зависимостей удельной активности цезия-137 чернобыльского происхождения (как индикатора интенсивности смыва почвы) от морфометрических показателей рельефа как для элементов древней эрозионной сети, так и для ручьёв, сформировавшихся вдоль развальных борозд (не отображаемых на картах), координаты которых устанавливались в процессе полевого обследования с использованием GPS-приёмника.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положены результаты экспериментальных исследований распределения удельной активности почвы по цезию-137, латерального и по глубине. Изучение особенностей пространственной организации эрозионной сети осуществлялось по результатам полевых обследований. Использовались открытые данные дистанционного зондирования Земли: снимки, доступные в Google Earth<sup>тм</sup>, а также снимки WorldView разрешением 0,5 Мп, предоставленные DigitalGlobe Foundation. Описание морфологической структуры рельефа осуществлялось по результатам расчёта и картографирования морфометрических переменных в среде ГИС. Карта площади сбора строилась по методу DEMON [Costa-Cabral, Burges, 1994]. Профильная кривизна рассчитывалась по формуле, предложенной Эвансом [Evans, 1972]. Использовалось программное обеспечение ArcGIS. Радиологический анализ проб почвы производился на УСК «Гамма Плюс».

Задача, поставленная в настоящем исследовании — выяснить, как различается смыв почвы (оцениваемый радиоцезиевым методом) в тальвегах ручьёв, сформировавшихся в развальных бороздах и действующих в период интенсивного стока, и вдоль древних ложбин стока. Из перечисленных эрозионных форм только ложбины можно изучать с помощью морфометрического анализа рельефа. Цифровые модели рельефа могут быть построены по топографическим картам того или иного масштаба. На этих картах могут распознаваться те формы рельефа, которые в данном масштабе отображаются. Формы рельефа, в масштабе карты не отражённые, с помощью ЦМР, вероятнее всего, не могут быть исследованы. Однако их изучение зачастую необходимо. Пояснить эту ситуацию можно на примере современных ручьёв, которые на распахиваемых склонах осуществляют эрозионную деятельность. Ручьи, сформировавшиеся в развальных бороздах и действующие в период интенсивного стока, часто не совпадают с тальвегами древних ложбин. Карты масштаба 1:10 000, используемые в практике землепользования, отображают древние ложбинные формы, но не отображают ручьи, действующие в период интенсивного стока и не совпадающие с тальвегами ложбин [Трофимец и др., 2014, 2017].

Как правило, все ландшафтные исследования, касающиеся пространственного изучения свойств почв, характера растительности и так далее, основаны на анализе закономерностей, исследуемых вдоль катен. Однако в данном случае авторы следовали совету Д.А. Тимофеева [2011] анализировать морфологию склонов вдоль «долинно-балочной сети» (в нашем случае – вдоль ложбинной сети).

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В сентябре 2014 года на экспериментальном участке были зафиксированы тальвеги ручьёв, действовавших в период ливневого стока летом текущего года. На спутниковом снимке (рис. 1) видно, что тальвеги ручьёв отличались прямолинейностью. На рис. 3 приведён снимок тальвега такого ручья, который хорошо распознавался по дикоросам в борозде 5 сентября 2014 года. Анализ спутникового снимка от 7 июля 2014 года (рис. 1) позволил предположить, что ручьи сформировались по развальным бороздам. Поле, которое было под паром, в июне 2014 года продисковали; сформировались развальные борозды. Интенсивные осадки 27 июня (рис. 2) сформировали ручьи, тальвеги которых в целом повторили направление развальных борозд (рис. 3).

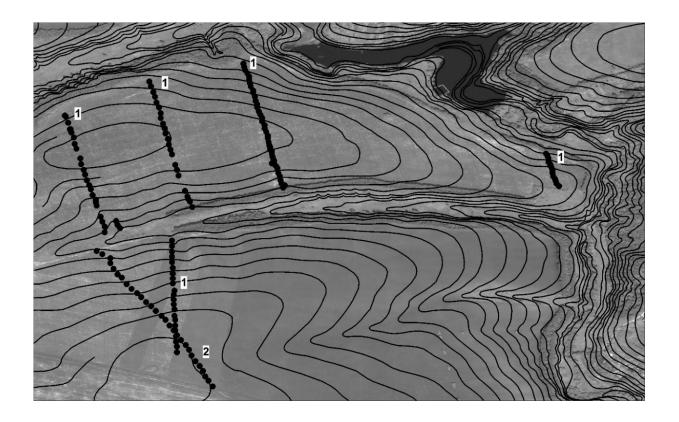


Рис. 1. Спутниковый снимок от 7 июля 2014 года:

1) точки отбора проб почвы (в сентябре 2014 года и в мае 2015 года) в тальвегах ручьёв, сформировавшихся в развальных бороздах;

2) точки пробоотбора (апрель 2017 года) в тальвеге ручья, сформировавшегося в колее от мотоцикла

Fig. 1. A satellite image collected on July 7, 2014:

1) soil sampling points sampled on September 2014 and May 2015 in the thalwegs of the streams formed in breakup furrows;

2) sampling points sampled on April 2017 in the stream thalweg, formed in the motorcycle track

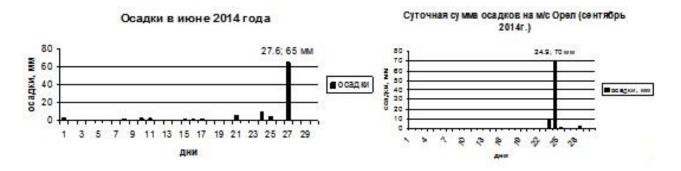


Рис. 2. 27 июня 2014 года за сутки выпало 65 мм осадков (при месячной норме 61 мм) — слева, 9 сентября — 70 мм (при месячной норме 50 мм) — справа Fig. 2. June 27, 2014 65 mm of precipitation fell during twenty-four hours (monthly rate is 61 mm) — on the left, September 9 — 70 mm (monthly rate 50 mm) — on the right



Рис. 3. Развальная борозда (слева), вдоль которой ливень 27 июня 2014 года сформировал ручей, а ливень 29 сентября 2014 года вымыл семена, обусловив разрежение всходов озимых весной 2015 года (снимок справа – от 24 мая 2015 года)

Fig. 3 Breakup furrow (on the left), along which the shower June 27, 2014 formed a stream, and the shower September 29, 2014 washed out the seeds

formed a stream, and the shower September 29, 2014 washed out the seeds, causing a rarefaction of winter seedlings in spring 2015 (right image – May 24, 2015)



Рис. 4. Диаграммы послойного отбора проб почвы на радиологический анализ в тальвегах ручьёв

Fig. 4. Diagrams of stratified soil sampling for radiological analysis in the stream thalwegs

5 сентября в тальвегах ручьёв (сформировавшихся в период ливня 27 июня 2014 года в развальных бороздах) были отобраны пробы почвы на радиологический анализ (рис. 4). Эти данные позволили получить расчётную зависимость удельной активности цезия-137 для тальвегов ручьёв на склонах северной и южной экспозиций. В настоящей статье обсуждаются возможности расчёта смыва почвы (по удельной активности цезия-137, измеренной в тальвегах ручьёв) в ручьях, сформировавшихся в развальной борозде после ливня 27 июня 2014 года на склоне северной экспозиции.

В 2014 году сентябрь внёс существенные коррективы в процесс. После сева озимых в середине сентября в конце месяца (24 сентября) прошли ливневые дожди, превысившие по интенсивности месячную норму осадков на 37,3 % (рис. 2). Потоки воды вымыли семена вдоль тальвегов ручьёв, и весной следующего года на всходах озимых образовались

«проплешины» (полосы прореженных всходов, рис. 3). Весной 2015 года в тальвегах ручьёв также были обнаружены воронки (рис. 3). Пока не нашло объяснения происхождение этих воронок. На настоящий момент есть предположение, что они сформировались на месте нор грызунов, которые способствовали переводу осадков в подземный сток. В условиях распространения лёссовых пород эти признаки дают основание предполагать обнаружение на экспериментальном полигоне такого явления, как лёссовый псевдокарст [Лаврусевич, 2013].

Чёткая идентификация положения тальвегов ручьев в мае 2015 года позволила послойно отобрать пробы почвы в ручьях и установить степень смытости почвы в их тальвегах (рис. 4, табл. 1). Следует подчеркнуть, что экстремальность развития эрозии усугубила неправильная вспашка склона (вдоль его падения).

Табл. 1. Смыв почвы в тальвегах ручьёв, сформировавшихся вдоль развальных борозд летом — осенью 2014 года Table 1. Soil runoff in stream thalwegs formed along the breakup furrows in the summer and autumn of 2014

№ точки	Тип почвы/ величина профильной кривизны*	Активность цезия-137 (Бк/кг), слой почвы 0-20 см	Активность цезия-137, (Бк/кг) в слое глубже 20 см (доля от полного запаса в точке, %)	Смыв почвы в точке, т/га в год
244150	Смытая/-0,003	112,3	37,2 (12 %)	28,8
244151	Сильно смытая/0,002	29,9	0,0 (0 %)	63,8
244152	Сильно смытая/0,002	42,4	13,7 (16,2 %)	58,5
244153	Смытая/-0,0004	82,8	30,8 (4,0 %)	41,3
244154	Смыто- намытая/0,0005	119,0	116,2 (32,8 %)	25,9
244155	Смытая/-0,0002	60,6	6,23 (9,3 %)	50,8
244156	Смытая, деградированная, на водоразделе/0,0004	94,0	36,3 (16,2 %)	36,6
244157	Смытая/0,0005	70,9	6,78 (4,6 %)	30,2

<sup>\*</sup> отрицательные значения профильной кривизны – в зоне аккумуляции, положительные – в зоне смыва

В ходе анализа результатов послойного отбора проб почвы с последующим радиологическим анализом решались две задачи. Первая — установить возможную погрешность определения запаса радиоцезия в тальвеге при условии, что массовый отбор проб почвы по длине тальвега осуществляется из пахотного горизонта (0–20 см) (не из слоя максимального заглубления цезия-137). Вторая — установить, на каких высотных позициях и в каких условиях (в зоне смыва или в зоне аккумуляции) ручей, сформировавшийся в развальной борозде, смывает максимальный объём почвы.

Установление зон смыва и аккумуляции осуществлялось по карте профильной кривизны (рис. 5). В табл. 1 приведены результаты анализа. Все точки послойного отбора проб почвы «попали» в развальные борозды (на разных высотных позициях), то есть можно

считать, что данные табл. 1 могут служить основанием для вывода о смыве почвы в ручьях, сформировавшихся в развальных бороздах. Смыв почвы достаточно большой (28,8–63,8 т/га в год). Наложение точек на слой профильной кривизны позволило сделать вывод о том, что смыв растёт по мере увеличения профильной кривизны. Иначе говоря, ручьи, прорезающие зону аккумуляции (у основания склона или по его простиранию), несколько снижают свою эродирующую функцию. На рис. 6 приведена зависимость, полученная по данным послойного отбора проб почвы.

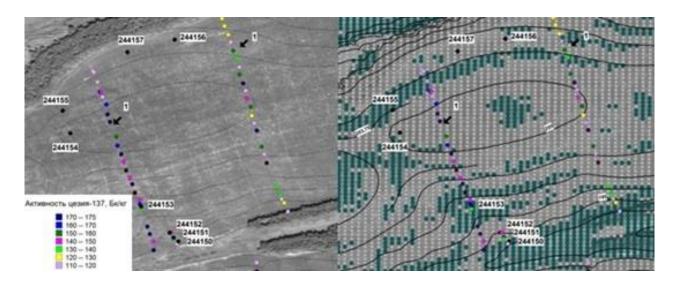


Рис. 5. Расположение точек послойного отбора проб почвы в тальвегах ручьёв, действующих в период ливневого стока:

244155 — номер точки; 1 — ручьи, сформировавшиеся вдоль развальных борозд. Слева — спутниковый снимок, справа — фрагмент карты профильной кривизны; склон южной экспозиции

Fig. 5. Positions of the stratified soil sampling points in the thalwegs of the streams existing in the period of storm runoff:

244155 – point number; 1 – streams formed along breakup furrows. Satellite image on the left; a fragment of the profile curvature map on the right; the slope has a southern aspect

Несмотря на небольшое количество точек, использованных при построении зависимости смыва почвы в тальвегах ручьёв от профильной кривизны (зависимость слева на рис. 6), тренд очевиден – с увеличением профильной кривизны растёт смыв. Наименьший смыв наблюдается в зоне аккумуляции (в зоне отрицательных значений профильной кривизны) у основания склона южной экспозиции длиной 310 м (точка 244150, смыв 28,8 тонн/га в год). Сравнительно невелик смыв в зоне аккумуляции на водораздельной поверхности склона (этот участок описывают данные точки 244154 (смыв 25,9 тонн/га в год). Немного больше смыв в области деградированных почв на краю поля с малыми уклонами и короткими (длина склона – 160 м) путями смыва (смыв почвы 30,2 и 36,6 т/га в год). Обращают на себя внимание точки 244151 и 244152. Точки расположены у основания склона южной экспозиции, в зоне смыва (профильная кривизна 0,002). На рис. 4 (точка 244151) видно, что из 20 см пахотного горизонта смыто 14 см или 63,8 т/га в год (сильно смытая почва). Этот вывод свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к оценке эрозионной роли развальных борозд на разных участках распахиваемого склона.

Этот вывод был учтён при построении зависимости активности цезия-137 от площади сбора для склона северной экспозиции (рис. 6).

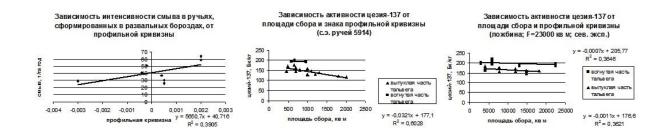


Рис. 6. Зависимость интенсивности смыва почвы в ручьях от знака и величины профильной кривизны — слева; зависимость, полученная для тальвега ручья, сформировавшегося в развальной борозде на склоне северной экспозиции (уравнение приведено для выпуклой части тальвега) — в центре;

зависимость, полученная для тальвега древней ложбины стока площадью сбора 23  $000 \text{ m}^2$  на склоне северной экспозиции — справа

Fig. 6. The dependence of the intensity of soil runoff in the streams from the sign and magnitude of the profile curvature – on the left; the dependence obtained for the stream thalweg formed in the breakup furrow on the northern aspect slope (the equation is given for the convex part of the thalweg) – in the center; the dependence obtained for the thalweg of ancient ravine (23 000 m² catchment area) on the northern aspect slope – on the right

Второй важный вывод, который позволяют сделать данные табл. 1, — вывод о том, что неучтённая часть запаса цезия-137 (в слое почвы глубже современного пахотного горизонта, то есть глубже 20 см) невелика и составляет от 4 до 16,2 % (в зоне смытых почв). Лишь в зоне водораздела в области аккумуляции, где почва смыто-намытая, недоучтённая часть запаса цезия-137 составила 32,8 % (точка 244154).

Полученные выводы позволили объяснить вариабельность удельной активности (а значит, и смыва почвы) вдоль ручьёв, сформированных в 2014 году благодаря развальным бороздам. Установлено, что на водораздельной части склона в тальвегах ручьёв удельная активность цезия-137 находится в пределах 160—190 Бк/кг. По мере продвижения к основанию склона активность цезия-137 снижается до менее чем 100 Бк/кг. Для разной длины склона были получены зависимости удельной активности цезия-137 от площади сбора и знака профильной кривизны [Трофимец и др., 2017].

Дискуссионным вопросом является целесообразность учёта ручьев, сформировавшихся в развальных бороздах и в колеях от автотранспорта на склоне северной экспозиции при разработке методики расчёта смыва почвы (по удельной активности цезия-137) по морфометрическим показателям рельефа. Известно, что эрозионные процессы на склонах северной экспозиции проходят более спокойно, нежели на склонах южной экспозиции. Связано это с растянутым периодом таяния снега. А в рамках настоящего исследования на процесс влияет и форма склона (склон северной экспозиции более пологий) (рис. 1).

Для склона северной экспозиции для ручья, сформированного в развальной борозде, получена расчётная зависимость удельной активности цезия-137 (которая идентифицирует смыв почвы) от площади сбора (зависимость в центре на рис. 6). Анализ зависимости позволил установить, что смыв почвы в области выпуклой части склона больше (активность меньше), чем в области вогнутой части склона (вогнутой части тальвега ручья), где активность цезия больше.

Ранее авторами была получена зависимость удельной активности цезия-137 от площади сбора и знака профильной кривизны для тальвегов древних ложбин стока на склоне северной экспозиции (зависимость справа на рис. 6).

Сравнение удельной активности цезия-137, рассчитанной по зависимости, полученной для ручья, сформировавшегося в развальной борозде (рис. 6) с удельной активностью, рассчитанной при той же площади сбора, но по зависимости, полученной для тальвега древней ложбины стока на склоне северной экспозиции (рис. 6), показало следующее: смыв почвы в ложбине на склоне северной экспозиции практически на всех высотных позициях оказался меньше (удельная активность выше), чем в ручье от развальной борозды. Это значит, что эрозионная активность ручьёв, сформированных в развальных бороздах, выше, и это обстоятельство должно быть учтено при разработке модели формирования смыва почвы на распахиваемых склонах.

На следующем этапе был проведён сравнительный анализ удельной активности почвы в тальвегах ручьёв, сформированных в развальных бороздах в летне-осенний ливневый период, с удельной активностью цезия-137 в тальвегах ручьёв, сформировавшихся весной в колеях от автотранспорта. Колею от мотоцикла (она послужила моделью) позволил обнаружить июльский спутниковый снимок 2010 года. Весной 2017 года подобный след авторы статьи наблюдали 27 апреля. Видимо, по «проторенному» пути из деревни Киреевка в посёлок Стрелецкий жители ездят, год от года несколько меняя траекторию пути.

27 апреля 2017 года было проведено полевое обследование и отобраны пробы почвы на радиологический анализ в тальвеге ручья, сформированного в колее от мотоцикла, на склоне северной экспозиции. Радиологический анализ проб почвы осуществлялся в Центре химизации и сельскохозяйственной радиологии «Орловский» на УСК Гамма плюс. Измерения, произведённые в тальвеге ручья, сформировавшегося в колее от мотоцикла, и на соседней нетронутой поверхности (вдоль катены) и получение расчётных зависимостей (рис. 7) позволили заключить следующее. Удельная активность цезия-137 в тальвеге ручья, сформированного в колее от мотоцикла, может с допустимой погрешностью (20 %) рассчитываться по уравнению, описывающему зависимость активности цезия-137 от площади сбора, полученному по данным точек пробоотбора в катене (то есть на ненарушенной ручейковой эрозией поверхности распахиваемого склона). По данным авторских измерений получено, что при расчёте по оригинальному уравнению отклонение рассчитанных значений от измеренных в 10 % случаев достигает 10–13 % (в остальных случаях меньше 10 %). При расчёте активности цезия-137 по уравнению, полученному для катены, число случаев, превышающих 10 %, несколько больше (15 %). Вывод, казалось бы, очевиден – можно не строить отдельные зависимости для расчёта смыва почвы в колеях от автотранспорта. Однако проведённый анализ повторяемости точек с большим смывом в тальвеге ручья, сформированного в колее и вне колеи, показал следующее. Процент точек с величиной смыва почвы не менее 17 т/га в год (при максимальном измеренном смыве почвы 33 т/га в год) в колее от мотоцикла составил 41,4 %, а на ненарушенной поверхности такой смыв был зафиксирован в 65,5 % случаев. Объяснить это можно следующим образом. В условиях «оплывания» почвы на северном склоне (вследствие постепенного таяния снега весной) уплотнённая почва в днище колеи от автотранспорта выступает локальной зоной аккумуляции смытого с соседних участков (склонов колеи) почвенного материала, что фиксирует повышенная удельная активность цезия-137 в точках пробоотбора в колее по сравнению с ненарушенной поверхностью.

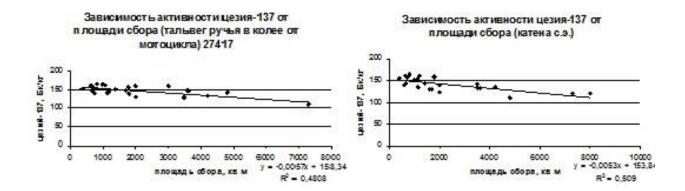


Рис. 7. Зависимости удельной активности цезия-137 от площади сбора, полученные для тальвега ручья, сформировавшегося в колее от мотоцикла (слева) и для соседней, ненарушенной поверхности распахиваемого склона (справа) Fig. 7. The dependences between cesium-137 specific activity and catchment area, obtained for the stream thalweg formed in the motorcycle track (on the left) and for the neighboring undisturbed surface of the arable slope (on the right)

На следующем этапе было проведено сравнение активности цезия-137 в колее от мотоцикла (рассчитанной по уравнению на рис. 7) с активностью, рассчитанной при той же площади сбора, но по уравнению, полученному для тальвега ручья, сформированного в развальной борозде летом – осенью во время ливневых осадков (рис. 6). Сравнительный анализ показал, что расчёт смыва почвы для ручья, сформировавшегося в колее от мотоцикла, по уравнению, выведенному для ручьёв, сформированных в развальных бороздах, приводит к завышению смыва в колее более чем на 20 %. В 38,5 % случаев завышение смыва превышает 50 %. Сравнительный анализ, проведённый для древней ложбины стока и для ручья, сформировавшегося в колее от мотоцикла, показал, что смыв почвы в древней ложбине стока на склоне северной экспозиции практически на всех высотных позициях выпуклой части склона (с положительной профильной кривизной в пределах площади сбора, не превышающей 2 000 м<sup>2</sup>) оказался меньше, чем в ручье, сформировавшемся в колее от автотранспорта. Это неудивительно, так как в ложбине при такой площади сбора энергия потока ещё мала по сравнению с энергией потока в искусственно сформированной молодой эрозионной форме антропогенного происхождения. Таким образом, для ручьёв, сформировавшихся в колеях от автотранспорта, не подходят зависимости, разработанные для древних ложбин стока и для ручьёв, сформированных вдоль развальных борозд.

Проведённый анализ подтвердил необходимость изучения в эксперименте эрозионной активности современных ручьёв природно-антропогенного происхождения и необходимость учёта этих ручьёв в расчётных схемах смыва почвы, которые строятся по морфометрическим характеристикам рельефа.

Из вышесказанного следует, что в расчётной модели необходимо предусмотреть несколько блоков расчётных зависимостей. Первый блок — блок расчётных зависимостей для тальвегов древних ложбин, второй — для тальвегов ручьев, сформированных вдоль развальных борозд, третий — для ручьёв, сформированных вдоль колей от автотранспорта.

В заключение следует упомянуть ещё одно исследование степени постоянства ручьёв, формирующихся вдоль развальных борозд. В сентябре 2016 года обследование экспериментального участка не выявило на нераспаханном поле выраженных в рельефе борозд от ручьёв, однако были обнаружены неглубокие понижения вдоль склона (рис. 8). В них были отобраны пробы почвы и сделан радиологический анализ. При наложении точек на спутниковый снимок 2014 года было обнаружено, что точки вдоль понижений (2016 года) практически совпали с положением развальных борозд на спутниковом снимке трёхлетней давности (2014 года). Это говорит о том, что поле распахивалось вдоль склона в течение ряда лет,

при этом совпадение эрозионных борозд 2014 и 2016 годов можно объяснить тем, что начинали пахать от одного и того же места. Другими словами, можно предположить, что ежегодная пахота по одному «сценарию» сформировала постоянные эрозионные борозды. В период ливней они давали начало ручьям. В те периоды, когда ливневый сток отсутствовал, на нераспаханном склоне тальвеги ручьёв, действовавших в период ливневого стока, распознавались по характерным продольным углублениям в поверхности склона (точки № 3 на рис. 8). Это обстоятельство позволяет нам утверждать, что произведённые измерения активности цезия-137 в сентябре 2014 года показали смыв почвы, обусловленный ливневыми дождями (как июня, так и сентября 2014 года).

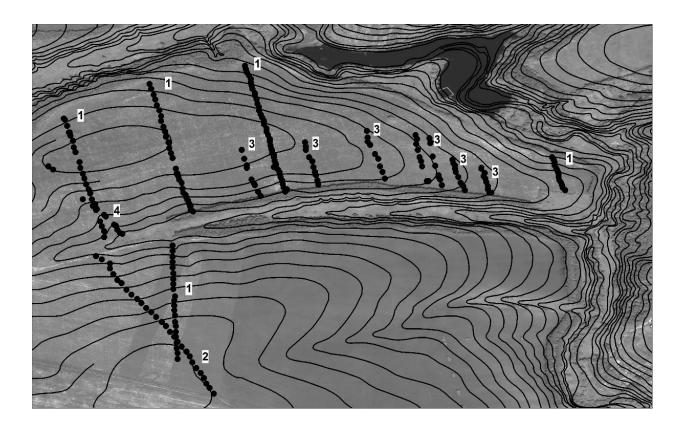


Рис. 8. Спутниковый снимок от 7 июля 2014 года:

- 1) точки пробоотбора в тальвегах ручьёв, сформировавшихся в развальных бороздах;
  - 2) точки в ручье, сформировавшемся в колее от мотоцикла;
  - 3) точки в понижениях рельефа (зафиксированные в сентябре 2016 года), предположительно на месте развальных борозд

Fig. 8. A satellite image collected on July 7, 2014:

- 1) sampling points in the stream thalwegs formed in the breakup furrows;
  - 2) points in the stream formed in the motorcycle track;
  - 3) points in relief depressions (allocated in September 2016), presumably in the place of the breakup furrows

Измерения 2016 года показывают, как изменилась активность цезия-137 в тальвегах ручьёв, действовавших в период ливневого стока (в 2014 году), за два года (2015 и 2016) без ливневых осадков. В случае если будет обнаружено, что активность цезия-137 в точках на понижениях (№ 3 на рис. 8) уменьшилась (по сравнению с 2014 годом), можно будет констатировать, что весенний сток по тальвегам (в 2015–2016 годах) углублял их (тальвеги) и формировал повышенный смыв почвы. Если смыв окажется меньше (по сравнению с 2014

годом), это будет означать, что в весенний период (2015–2016 годы) интенсивность таяния снега была небольшой, и почва в тальвегах ручьёв «оплывала», аккумулируясь в них и тем самым снижая потери почвы. Эта часть результатов исследований в настоящей статье не рассматривается.

# выводы

Интенсивные ливни (суточная сумма которых по величине сравнима с месячным средним многолетним слоем осадков), выпавшие в период после дискования поля (с июня по сентябрь) формируют в развальных бороздах ручьи, смыв почвы в которых на склоне северной экспозиции превышает смыв почвы в тальвегах древних ложбин (при равных величинах площади сбора). Это превышение в 50 % случаев достигает более чем 20 % (до 50 %). Расчёт по уравнению, выведенному для древних ложбин стока, может считаться приемлемым (для ручьёв, сформировавшихся по развальным бороздам) только для зоны пересечения ручьями ложбин или (на водораздельной поверхности) для участков с отрицательной профильной кривизной (для зон аккумуляции).

В остальных случаях (для участков поля с распространением развальных борозд) необходимо вводить поправочные коэффициенты на уменьшение расчётной активности цезия-137 (рассчитанной по уравнениям, полученным для древних ложбин стока). В противном случае рассчитанный смыв почвы будет существенно занижаться, что исказит реальную картину, и эрозионно опасные участки склона будут считаться неэрозионноопасными.

Смыв в колеях от автотранспорта на склоне северной экспозиции, образовавшихся осенью (и соответственно, сформировавших ручьи весной), в преобладающем большинстве случаев меньше, чем на соседней, ненарушенной колеями поверхности склона. Это объясняется аккумуляцией смытой со склонов колеи почвы (в уплотненном днище колеи) весной, в условиях постепенного таяния снега на склоне северной экспозиции.

Вместе с тем при принятии допустимой погрешности оценки смыва почвы в 20 % можно рекомендовать к расчёту уравнение, полученное для ненарушенной поверхности склона в случае, если поверхность испещрена колеями от мототехники. Однако не следует рассчитывать смыв почвы в колеях от мототехники по уравнению, выведенному для ручьёв, сформировавшихся в развальных бороздах. В этом случае погрешность в сторону завышения смыва почвы может составить более 50 %. Следует особо обратить внимание на участки, где колеи от автотранспорта пересекают древние ложбины стока. На этих участках распахиваемых склонов расчёт смыва почвы может осуществляться по зависимостям, полученным для ложбин стока. В остальных случаях уравнения, построенные для ложбин, использовать не следует.

Важно отметить, что смыв почвы в древней ложбине стока на склоне северной экспозиции практически на всех высотных позициях (кроме тех участков, где ручьи пересекали тальвег ложбины) оказался меньше, чем в ручье, сформированном в развальной борозде, и меньше, чем в ручье, сформировавшемся в колее от автотранспорта. Это подтверждает необходимость изучения в эксперименте эрозионной активности современных ручьёв природно-антропогенного происхождения и обязательного учёта их в расчётных схемах смыва почвы, которые строятся по морфометрическим характеристикам рельефа.

Исследования пространственно-временной эрозионной активности распахиваемых склонов возможны при условии использования дистанционных методов, полевых обследований, сопровождаемых GPS-съёмкой, радиоцезиевого метода (позволяющего в точке оценивать потери почвы), ГИС-анализа с расчётом морфометрических показателей рельефа. Наилучшим образом описывают влияние рельефа на формирование смыва почвы такие морфометрические показатели, как площадь сбора и профильная кривизна.

# БЛАГОДАРНОСТИ

Использованные спутниковые снимки предоставлены DigitalGlobe Foundation.

# **ACKNOWLEDGEMENTS**

Used satellite images provided of the DigitalGlobe Foundation.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Голосов В.Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
- 2. Жидкин А.П., Голосов В.Н., Светличный А.А., Пяткова А.В. Количественная оценка перераспределения наносов на пахотных склонах на основе использования полевых методов и математических моделей. Геоморфология, 2015. № 2. С. 41–53. DOI: 10.15356/0435-4281-2015-2-41-53.
- 3. *Лаврусевич А.А.* Научно-методические основы изучения и оценки лёссового псевдокарста в условиях техногенеза. Дисс. на соиск. учёной степ. д. г-м. наук. М.: Всерос. науч.-исслед. ин-т минерал. сырья им. Н.М. Федоровского, 2013. 256 с.
- 4. *Линник В.Г.* Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов: геоинформационные системы и модели. Дисс. на соиск. учёной степ. д. г. наук. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2008. 305 с.
- 5. Маркелов М.В. Современные эрозионно-аккумулятивные процессы в верхних звеньях гидрографической сети лесной и лесостепной зон. Автореферат канд. дисс. Москва: Институт географии РАН, 2004. 26 с.
- 6. *Тимофеев Д.А.* Геоморфологические и палеогеографические аспекты проблемы эрозии почв. Размышления о фундаментальных проблемах геоморфологии. Избранные труды. М.: Медиа-ПРЕСС, 2011. С. 298–304.
- 7. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.* Методические подходы к применению радиоцезиевого метода при изучении смыва и аккумуляции на пахотных склонах, осложненных ложбинным мезо— и микрорельефом. Проблемы региональной экологии, 2014. № 4. С. 147–152.
- 8. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.* Методы геоморфометрии, дистанционного зондирования и ГИС при изучении распределения радионуклида 40к в почве распахиваемых склонов, осложнённых ложбинной сетью. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Протвино, 2016. Т. 22. Ч. 1. С. 183–189. DOI:10.24057/2414-9179-2016-1-22-183-189.
- 9. *Трофимец Л.Н.*, *Паниди Е.А.*, *Иванёха Т.Л.*, *Петелько А.И*. Оценка эрозионной активности ложбинного комплекса распахиваемых склонов. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. М.: Издательство МГУ, 2017. Т. 23. Ч. 1. С. 323—332. DOI:10.24057/2414-9179-2017-1-23-323-332.
- 10. Шарый П.А. Оценка взаимосвязей рельеф-почва-растения с использованием новых методов в геоморфометрии. Автореферат канд. дис. Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2005. 25 с.
- 11. Costa-Cabral M.C., Burges S.J. Digital Elevation Model Networks (DEMON): a model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. Water Resources Research, 1994. V. 30. Iss. 6. P. 1681–1692. DOI:10.1029/93WR03512.
- 12. Evans L.S. General geomorfometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. Spatial analysis in geomorphology. London: Methuen & Co. Ltd., 1972. P. 17–90.
- 13. Ferro V., Di Stefano C., Giordano G., Rizzo S. Sediment delivery processes and spatial distribution of caesium-137 in a small Sicial basin. Hydrological Processes, 1998. № 12 (5). P. 701–711.
- 14. *Fulajtar E*. Assessment of soil erosion on arable land using 137Cs measurements: a case study from Jaslovske Bohunice, Slovakia. Soil and Tillage Research, 2003. № 69 (1–2). P. 139–152.
- 15. *Owens Ph.N.*, *Walling D.E.* Spatial variability of Caesium-137 inventories at reference sites: an example from two contrasting sites in England and Zimbabwe. Applied Radiation and Isotopes, 1996. V. 47. Iss. 7. P. 699–707.

#### **REFERENCES**

- 1. *Costa-Cabral M.C.*, *Burges S.J.* Digital Elevation Model Networks (DEMON): a model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. Water Resources Research, 1994. V. 30. Iss. 6. P. 1681–1692. DOI:10.1029/93WR03512.
- 2. Evans L.S. General geomorfometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. Spatial analysis in geomorphology. London: Methuen & Co. Ltd., 1972. P. 17–90.
- 3. Ferro V., Di Stefano C., Giordano G., Rizzo S. Sediment delivery processes and spatial distribution of caesium-137 in a small Sicial basin. Hydrological Processes, 1998. No 12 (5). P. 701–711.
- 4. *Fulajtar E.* Assessment of soil erosion on arable land using 137Cs measurements: a case study from Jaslovske Bohunice, Slovakia. Soil and Tillage Research, 2003. No 69 (1–2). P. 139–152.
- 5. *Golosov V.N.* Erosion-accumulative processes in river basins of the mastered plains. Moscow: GEOS, 2006. 296 p. (in Russian).
- 6. *Lavrusevich A.A.* Scientific-methodological basis of study and evaluation of loess pseudokarst in the conditions of technogenesis. Diss. for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences. Moscow: All-Russian scientific research Institute of Mineral Resources named after N.M. Fedorovsky, 2013. 256 p. (in Russian).
- 7. *Linnik V.G.* Landscape differentiation of technogenic radionuclides: geographical information systems and models. Diss. for the degree of Doctor of Geographical Sciences. Moscow: Moscow State University named after M.V. Lomonosov, 2008. 305 p. (in Russian).
- 8. *Markelov M.V.* Modern erosion-accumulative processes in the upper parts of the hydrographic network of forest and forest-steppe zones. Abstract of PhD dissertation. Moscow: Institute of Geography of RAS, 2004. 26 p. (in Russian).
- 9. *Owens Ph.N.*, *Walling D.E.* Spatial variability of Caesium-137 inventories at reference sites: an example from two contrasting sites in England and Zimbabwe. Applied Radiation and Isotopes, 1996. V. 47. Iss. 7. P. 699–707.
- 10. *Sharyi P.A.* Evaluation of relief-soil-plant relationships using new methods of geomorphometry. Abstract of PhD dissertation. Tolyatti: Institute of Ecology of the Volga Basin of RAS, 2005. 25 p. (in Russian).
- 11. *Timofeev D.A.* Geomorphological and paleogeographic aspects of soil erosion problem. Reflections on the fundamental problems of geomorphology. Selected works. Moscow: Media-PRESS, 2011. P. 298–304 (in Russian).
- 12. *Trofimetz L.N.*, *Panidi E.A.* Methodological approaches to the application of radiocaesium method in the study of runoff and accumulation on the arable slopes, complicated with ravine meso– and microrelief. Problems of Regional Ecology, 2014. No 4. P. 147–152 (in Russian).
- 13. *Trofimetz L.N.*, *Panidi E.A.* Methods of the geomorphometry, remote sensing and GIS in study of the 40K radionuclide distribution in soil of arable slopes, complicated with erosion network. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Protvino, 2016. V. 22. Part 1. P. 183–189. DOI:10.24057/2414-9179-2016-1-22-183-189 (in Russian, abs English).
- 14. *Trofimetz L.N.*, *Panidi E.A.*, *Ivanekha T.L.*, *Petel'ko A.I.* Estimation of erosion activity in the ravine complex of arable slopes. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2017. V. 23. Part 1. P. 323–332. DOI:10.24057/2414-9179-2017-1-23-323-332 (in Russian, abs English).
- 15. Zhidkin A.P., Golosov V.N., Svetlichnyi A.A., Pyatkova A.V. Quantitative assessment of sediment redistribution on arable slopes using in-situ techniques and computational models. Geomorphology, 2015. No 2. P. 41–53. DOI:10.15356/0435-4281-2015-2-41-53 (in Russian).

УДК: 556.5.04 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-232-246

К.А. Чалая<sup>1</sup>, А.В. Погорелов<sup>2</sup>, Е.А. Перов<sup>3</sup>

# ОПАСНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ (КРАТКИЙ ОБЗОР)

# **АННОТАЦИЯ**

Из опасных гидрологических явлений (ОГЯ) для территории Краснодарского края характерны половодья, паводки, заторные и зажорные явления, сели. Несмотря на высокую повторяемость и ежегодный значительный ущерб от опасных гидрологических явлений, их изученность в регионе (с внутрирегиональной детализацией), до сих пор явно недостаточна и не соответствует уровню угроз от ОГЯ. Для анализа распределения и временной изменчивости указанных опасных явлений использованы материалы гидрометеорологических наблюдений на сети гидрологических постов и метеорологических станций Росгидромета, автоматизированных метеорологических и осадкомерных комплексов многолетних (2000-2018 годы) наблюдений «Территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (ТЦМП ЧС). Сеть мониторинга паводковой обстановки ТЦМП ЧС представлена 189 автоматизированными гидрологическими комплексами на 145 водных объектах края. В настоящее время в среде ведомственной ГИС формируется база данных всех отмечаемых на территории Краснодарского края опасных гидрологических явлений и сопутствующих гидрометеорологических показателей. В результате организации специализированной сети и геоинформационного обеспечения измерений региональные исследования ОГЯ выведены на новый качественный уровень.

В статье основное внимание по материалам зафиксированных случаев уделено наиболее опасным явлениям — паводкам, в том числе «смерчевым» паводкам. Установлены особенности их многолетней и сезонной изменчивости, выявлены закономерности пространственного распределения в регионе в связи с географическими условиями.

Выполнена предварительная обработка данных автоматизированной системы мониторинга паводковой обстановки за период её функционирования — с 2013 года. Приведены характерные примеры опасных явлений. Результаты временной изменчивости представлены в виде графиков; пространственное распределение некоторых ОГЯ (паводки, сели) иллюстрируется картами.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Краснодарский край, опасные гидрологические явления, наблюдательная сеть, мониторинг, база геоданных

 $<sup>^1</sup>$  Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия, e-mail: **femida89@list.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Кубанский государственный университет, ул. Ставропольская, д. 149, 350040, Краснодар, Россия, *e-mail:* **pogorelov av@bk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> ГКУ КК «Территориальный центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», ул. Рашпилевская, д. 179/1, 350040, Краснодар, Россия, *e-mail:* **gistcmp@mail.ru** 

# Ksenia A. Chalaya<sup>1</sup>, Anatoly V. Pogorelov<sup>2</sup>, Evgeni A. Perov<sup>3</sup>

# THE HAZARDOUS HYDROLOGICAL PHENOMENA IN THE TERRITORY OF KRASNODAR REGION (THE SHORT REVIEW)

#### **ABSTRACT**

Among the hazardous hydrological phenomena high waters, floods, the ice-blocking and hanging dam phenomena, mudflows are characteristic of the territory of Krasnodar region. Despite the high frequency and annual significant damage from hazardous hydrological phenomena, their study in the region (with intraregional detailing) still does not correspond to the level of threats from these phenomena. For the analysis of distribution and temporary variability of the specified hazardous phenomena materials of hydrometeorological observations on network of hydrological posts and meteorological stations of Federal Hydrometereology and Environmental Monitoring Service are used, automated meteorological complex and complex for measurement of rainfall long-term (2000–2018) of observations of «The territorial center of monitoring and forecasting of emergency situations of natural and technogenic character» (TCMFE). The network of monitoring of a flood situation of TCMFE is presented by 189 automated hydrological complexes on 145 water objects of edge. Now in the environment of departmental GIS the database of all hazardous hydrological phenomena and the accompanying hydrometeorological indicators noted in the territory of Krasnodar region is formed. As a result of the organization of a specialized network and geoinformation support of measurements, regional studies of hazardous hydrological phenomena have been brought to a new qualitative level.

In the article the main attention on materials of the recorded cases is paid to the most hazardous phenomena – floods, including «tornado floods». Features of their long-term and seasonal variability are established, regularities of spatial distribution in the region in connection with geographical conditions are revealed.

Preliminary data processing of the automated system of monitoring of a flood situation during her functioning – since 2013 is executed. Characteristic examples of the hazardous phenomena are given. The results of temporal variability are presented in the form of graphs; the spatial distribution of some hazardous hydrological phenomena (floods, mudslides) is illustrated by maps.

**KEYWORDS:** Krasnodar region, hazardous hydrological phenomena, observation network, monitoring, geodatabase

# **ВВЕДЕНИЕ**

В работе обобщается информация об опасных гидрологических явлениях на территории Краснодарского края.

Краснодарский край – динамично развивающийся регион России с растущей в последние десятилетия численностью населения<sup>4</sup>. Между тем, территории края свойственна высокая повторяемость целого ряда опасных гидрологических явлений, связанных с физико-географическими контрастами внутри региона (континентальная часть ЕТР – Чёрное и Азовское моря, горная система Большого Кавказа – Кубано-Приазовская низменность), усиливающих неоднородность и неустойчивость геофизических полей в разных географических средах. Известно, что степень опасности природных явлений рассчитывается прежде всего

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia, e-mail: femida89@list.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Kuban State University, Stavropolskaya str., 149, 350040, Krasnodar, Russia, *e-mail*: **pogorelov\_av@bk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> SGA KT "Territorial center of monitoring and forecasting of emergency situations of natural and technogenic character", Rashpilevskaya str., 179/1, 350040, Krasnodar, Russia, e-mail: gistcmp@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Краснодарский край в цифрах 2017. Стат. сб. Краснодар: Краснодарстат, 2018. 306 с.

по уровню хозяйственного ущерба и поражающему воздействию на людей. Отсюда понятна востребованность исследований, нацеленных на анализ изменчивости опасных гидрологических явлений и поиск закономерностей их распределения на территории региона.

К опасным гидрологическим явлениям на территории Краснодарского края относятся половодья, заторы, зажоры, паводки и сели<sup>1</sup>. Ежегодно половодья и паводки вызывают разномасштабные наводнения на исследуемой территории; при этом заторные и зажорные явления выступают, как правило, дополнительным фактором развития подтоплений и затоплений местности. Если период и локализация возникновения половодий предсказуемы, то паводочные явления носят круглогодичный, нередко внезапный и катастрофический характер. Паводки наносят значительный материальный ущерб, приводят к человеческим жертвам.

Обобщённые сведения об ОГЯ на территории Краснодарского края содержатся в ряде публикаций [Ворошилов, 1972; Абдушелишвили и др., 1980; Лурье и др., 2005; Панов и др., 2012; Волосухин, Щурский, 2012; Шевердяев, 2017; Алексеевский и др., 2012; Базелюк, 2012; и другие]. Множество публикаций посвящено разным аспектам ОГЯ и частным их проявлениям в регионе [Хворостов, 1987; Погорелов и др., 1992; Баринов, 2009; Трихунков, 2010; Ткаченко, 2012; Нагалевский и др., 2013; Шныпарков, 2012; Кононова, 2012; Алексеевский и др., 2016; и другие]. Вместе с тем, несмотря на повторяемость и высокий ущерб от ряда опасных гидрологических явлений, их изученность на территории региона (именно с детализацией на внутрирегиональном уровне), до сих пор явно недостаточна. Сведения о них имеют фрагментарный характер, а системное наполнение соответствующей базы данных организовано только с 2000 года силами ГКУ КК «Территориальный центр мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (далее ТЦМП ЧС). Региональный подход, реализованный в работе, обусловлен ответственностью этой организации в пределах административно-территориальных границ региона.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании использованы материалы многолетних (2000–2018 годы) наблюдений ТЦМП ЧС. Полнота входных данных имеет определяющее значение. В настоящее время источники гидрометеорологической информации на территории Краснодарского края представлены сетью гидрологических постов (ГП) и метеорологических станций (МС) Росгидромета, системой автоматизированных метеорологических (АМК) и осадкомерных (АОК) комплексов, а также системой мониторинга паводковой обстановки в виде сети автоматизированных гидрологических комплексов (АГК), находящихся в муниципальном подчинении (рис. 1). Для минимизации хозяйственного ущерба и улучшения эффективности предупреждения населения об опасных гидрологических ситуациях сеть и прогнозный аппарат опасных явлений продолжают совершенствоваться.

Система мониторинга противопаводковой обстановки на территории края функционирует с 2013 года и включает 189 автоматизированных гидрологических комплексов на 145 водных объектах (рис. 2). АГК измеряют уровни воды на реках в непрерывном режиме и позволяют оперативно определять наступление неблагоприятных или опасных гидрологических явлений. Хранение и анализ данных об опасных гидрологических явлениях и сопутствующих гидрометеорологических условиях, включая картографическое обеспечение, осуществляются в программе ArcGIS.

\_

 $<sup>^1</sup>$  Паспорт гидромете<br/>орологической безопасности Краснодарского края. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», Росгидромет. Обнинск,<br/> 2017

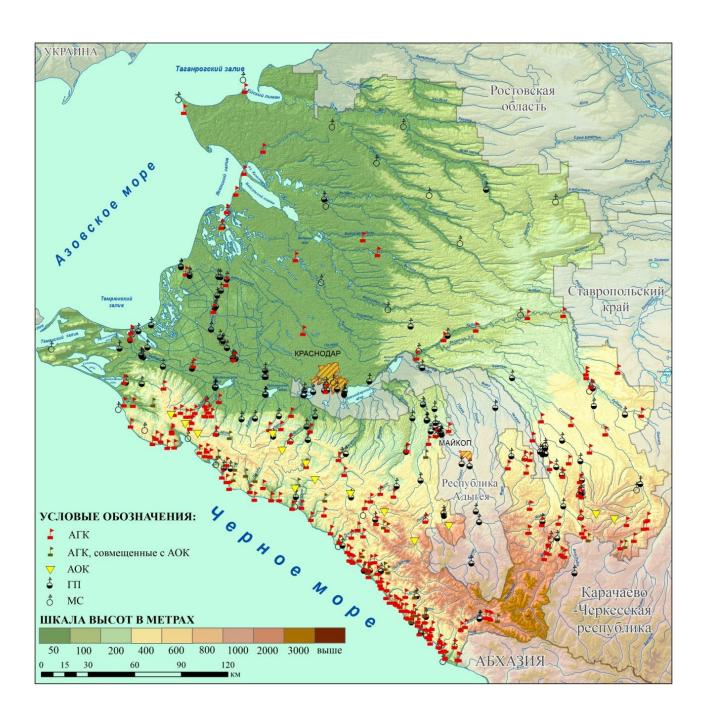


Рис. 1. Наблюдательная гидрологическая и метеорологическая сеть на территории Краснодарского края
Fig. 1. Observation hydrological and meteorological network in the territory of Krasnodar region



Рис. 2. Автоматизированный гидрологический комплекс (АГК № 96) на р. Пшиш у посёлка Папоротный в Туапсинском районе Fig. 2. Automated hydrological complex (AHC No 96) on the river Pshish near the village Paporotnyi in the Tuapse district

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для рек на большей части края характерно весеннее-летнее половодье, вызванное весенним таянием сезонного снежного покрова и летним таянием снежников в горах. Половодье на реках, берущих начало в горах (Кубань от города Невинномысска до верхнего бъефа Краснодарского водохранилища, Пшиш, Пшеха, Белая, Лаба, Чамлык, Уруп), обычно наступает в середине марта, реже в феврале и может длиться до середины августа. По мере продвижения к югу сроки половодья сдвигаются на более ранние. При значительных осадках и заметном повышении температуры воздуха в определённые годы увеличивается ледниковое и снегодождевое питание верховьев реки Кубани, восточных и юго-восточных рек края, и на половодье могут накладываться весенне-летние паводки, усиливающие риски хозяйственного ущерба.

На равнинных реках края весенне-летнее половодье, как правило, имеет дождевое питание. Максимальная высота подъёма уровня воды над меженным варьирует от 1–2 м у большинства рек до 3–4 м в нижнем течении рек Ея и Куго-Ея (Паспорт гидрометеорологической безопасности..., 2017, см. ссылку на с. 235), что не является критичным, так как высота берегов, как правило, больше.

В связи с орографическими особенностями региона и существенным увеличением количества атмосферных осадков в предгорной и горной частях, число и интенсивность паводков на юге края возрастает. Наибольший ущерб хозяйству края наносят именно быстро развивающиеся паводки на горных реках, имеющие дождевое или снегодождевое питание. Такие паводки образуются и проходят стремительно, что вызвано большими уклонами и

перепадами высот, следовательно, высокими скоростями прохождения воды на небольших расстояниях. Нередко паводкам предшествуют фронтальные или локальные атмосферные осадки в течение нескольких дней.

Паводки в предгорной зоне (реки западной части среднего течения Кубани (Пшиш, Псекупс, Афипс) и частично левобережные притоки реки Кубани, впадающие в Закубанские плавни (Абин, Убин, Адагум), преимущественно снегодождевые, развиваются в осенне-зимний период при кратковременном потеплении. Типичный пример реки с сочетанием дождевого и снегового питания — река Пшиш с долями дождевого и снегового стока 71–81 % и 10–19 % соответственно. Выпадение дождевых осадков в этих условиях может вызвать подтопления и затопления. При прохождении паводка вырванные стволы деревьев и лёд создают угрозу заторов и образования дополнительной паводочной волны. Так, в 2000—2017 годах паводки на реке Пшиш наблюдались 6 раз.

Динамику паводков в регионе за анализируемый период отражает график (рис. 3).

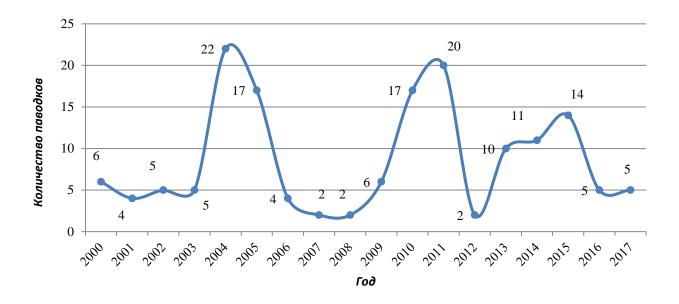


Рис. 3. Количество зафиксированных на территории Краснодарского края паводков в 2000–2017 годах

Fig. 3. Quantity of the floods recorded in the territory of Krasnodar region in 2000–2017

Наибольшая повторяемость паводков наблюдается в мае—июле (73 случая за 18 лет), при этом максимум случаев (37) приходится на июнь (рис. 4) — в период пика половодья на большей части рек края.

Обобщение данных о повторяемости паводков на территории Краснодарского края по бассейнам рек за 2000—2017 годы представлено на диаграмме (рис. 5). Как видим, за анализируемый период чаще всего (39 % зафиксированных случаев) паводки случались в бассейне реки Лабы. Судя по имеющимся данным, наиболее вероятны здесь июньские дождевые паводки в верховьях Малой Лабы (Мостовский район), регулярно повторяющиеся при осадках как локального, так и фронтального генезиса. Как правило, быстрый подъём воды в результате ливней в бассейне реки Малой Лабы происходит на небольших реках (Ходзь, Дальняк, Армянка, Кызыл-Бек и других). Подъём воды сопровождается подтоплением домов и придомовых территорий, повреждением берегоукрепительных сооружений, дорожного полотна и других коммуникаций.

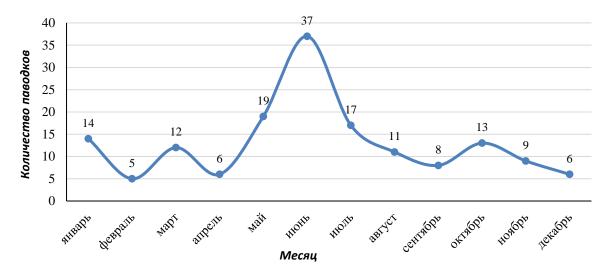


Рис. 4. Внутригодовое распределение количества паводков на территории Краснодарского края в 2000–2017 годах Fig. 4. Intra-annual distribution of floods guantity in the territory of Krasnodar region in 2000–2017

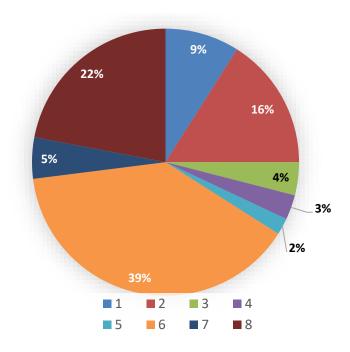


Рис. 5. Распределение повторяемости паводков по бассейнам рек (более 1 случая):

1) «закубанские» реки (Абин, Иль, водосбор Адагума); 2) реки западной части среднего течения Кубани (водосборы рек Афипс, Псекупс, Пшиш); 3) река Кубань;

4) река Белая; 5) малые реки среднего течения Кубани (Супс, Чебрик); 6) река Лаба;

7) река Уруп; 8) реки бассейна Чёрного моря (в пределах Краснодарского края)

Fig. 5. Distribution of floods repeatability on basins of the rivers (more than 1 case):

1) "zakubansky" (beyond the Kuban) rivers (Abin, II', Adagum catchment area);

2) rivers west of the middle course of the Kuban (catchments of the rivers Afipse, Psekups, Pshys); 3) Kuban River; 4) Belaya River; 5) small rivers of the middle course of the Kuban (Sups, Chebrik); 6) the Laba River; 7) Urup River;

8) rivers of the basin of the Black Sea (within Krasnodar region)

Высокая повторяемость паводков на Черноморском побережье (22 % случаев) обусловлена особенностями водного режима местных рек (Цемес, Пшада, Шапсухо, Джубга, Туапсе, Небуг, Псезуапсе, Шахе, Сочи и другие), для которых характерен преимущественно именно паводковый режим (исключение — река Мзымта с выраженными паводками только в нижнем течении). Развитая курортная инфраструктура увеличивает показатели ущерба от опасных явлений. Основная часть населённых пунктов расположена в относительно узких долинах рек, которые, в свою очередь, имеют высокие продольные уклоны и повышенную извилистость русел, создающие дополнительную гидродинамическую нагрузку. Выделяется три типа паводков на Черноморском побережье [Ткаченко, 2012]: 1) локальные паводковые явления, развивающиеся в результате локальных осадков (50 мм/час) в одном водосборе; 2) паводки от прохождения фронтальных осадков, как правило, длительных, которые могут включать площади нескольких водосборов; 3) паводки, связанные со «смерчевыми» явлениями.

Нельзя не отметить редкий для России феномен — «смерчевые» паводки на Черноморском побережье. Наиболее благоприятны условия для их образования в конце лета и осенью, когда наблюдается интенсивный прогрев суши и испарение с морской поверхности. Поступление холодных воздушных масс с суши в этих случаях приводит к формированию смерчей. Как правило, морские смерчи над сушей быстро разрушаются, и вероятность паводков с катастрофическими последствиями в целом невелика. В наибольшей мере подвержены опасности такого рода на территории Краснодарского края Туапсинский район и муниципальное образование (МО) город Сочи. Один из самых разрушительных смерчей в Туапсинском районе отмечен 31 июня 1991 года, когда смерч поднялся по долине реки Туапсе на 20 км. Паводочная волна в районе автомобильного моста по трассе Туапсе — Сочи достигала высоты 6 м. Она повредила железнодорожное полотно, смыла все мосты. Катастрофа привела к гибели 21 человека. Выход смерчей в районе Большого Сочи 31 июля — 1 августа 1991 года привёл к гибели 40 человек и колоссальному материальному ущербу [Погорелов и др., 1992; Нагалевский и др., 2013].

На реки западной части среднего течения Кубани (бассейны Афипса, Псекупса, Пшиша) приходится 16 % от общего количества паводков.

Говоря об отдельных реках, наибольшее число паводков в 2000–2017 годах отмечено на реках Убин (9 случаев), Лаба (8) и Чамлык (7).

Усугубляющим разрушительным фактором паводков становится антропогенная застроенность русел и пойм (гидротехнические сооружения, пруды и тому подобное) и несвоевременная чистка их от наносов и мусора, что способствует росту высоты паводочной волны.

Характерный пример влияния антропогенного фактора на паводок — катастрофическое наводнение в бассейне р. Адагум¹ в ночь с 6 на 7 июля 2012 года. На фоне непрерывных интенсивных дождей (124—157 мм за ночь по данным метеонаблюдений в Новороссийске и Крымске) росту волны паводка способствовали технические сооружения в Крымске (автомобильный и железнодорожный мосты), застроенность поймы, замусоренность русла Адагума. Расход на реке Адагум составил около 1500 м³/с, что является историческим максимумом на территории Краснодарского края. Насыщенная стволами деревьев паводочная волна сначала не смогла преодолеть железнодорожный мост через реку Адагум, образовав перед мостом водоём глубиной 7,1 м. При дальнейшем поступлении воды произошел прорыв, что привело к быстрому перемещению воды на левобережную пойму в городе Крымске. Следующим подпорным сооружением на пути воды оказался автомобильный мост в центре города, пролёты которого были быстро забиты мусором, в результате чего мост

\_\_\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Отчёт о катастрофическом паводке в бассейне реки Адагум 6—7 июля 2012 года и его причинах. ФГБУ «ГГИ», ФГБУ «Краснодарский ЦГМС» и департаментом Росгидромета по ЮФО и СКФО. 2012. Электронный ресурс: http://meteoweb.ru/biblio/27.pdf (дата обращения 07.09.2018)

также превратился в искусственную плотину. Наибольший подъём уровня воды наблюдался именно здесь. Он достиг 8,5 м над меженным уровнем. Паводок привел к значительному материальному ущербу и человеческим жертвам — погиб 171 человек [Волосухин, Щурский, 2012; Шевердяев, 2017].

Обобщённые сведения о количестве паводков на территории Краснодарского края за 2000–2017 годы отражает карта (рис. 6).



Рис. 6. Повторяемость паводков на реках Краснодарского края в 2000–2017 годах (более 1 случая)

Fig. 6. Repeatability of floods on the rivers of Krasnodar region in 2000–2017 (more than 1 case)

В формируемую базу данных об опасных гидрологических явлениях на территории края в настоящее время непрерывно поступают данные измерений автоматизированных гидрологических комплексов на 145 водных объектах (рис. 1). Накапливаемые

оперативные сведения служат ценным источником прогностической и аналитической информации. Предварительная обработка этого массива данных дала следующие результаты. В 2014—2017 годах уровни рек в регионе повышались до отметок опасного явления (ОЯ) 90 раз, при этом 47 % случаев наблюдалось в Туапсинском районе и МО городе Сочи. Максимум случаев достижения отметок ОЯ отмечен на реке Кепша (правый приток реки Мзымты) — 19 случаев за 4 года (рис. 7). На реках бассейна Лабы (Синюха, Лаба, Чамлык) зафиксировано 8—12 случаев, на реке Кубань — 8 случаев повышения отметок воды до уровней ОЯ.

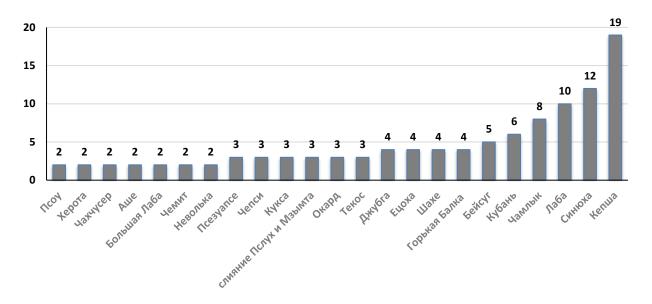


Рис. 7. Количество достижений уровней воды отметок ОЯ по данным мониторинга паводковой обстановки на реках Краснодарского края в 2014–2017 годах (более 1 случая) Fig. 7. The number of water levels that have reached the mark of hazardous phenomena, according to monitoring of the flood situation on the rivers of the Krasnodar region in 2014–2017 (more than 1 case)

Заторы и зажоры отмечаются на реках бассейна р. Кубани в местах резкого изменения уклона реки, сужения или значительной извилистости русла. Зажоры появляются в период образования ледового покрова и, как правило, вызывают местные подтопления. Толщина зажорных скоплений может достигать на реке Кубани 5 м, а длина скоплений — 10—13 м (Паспорт гидрометеорологической безопасности..., 2017, см. ссылку на с. 235). Ледовые заторы способны привести к серьёзным наводнениям. В наибольшей мере подвержена заторно-зажорным явлениям устьевая часть нижней Кубани в районе города Темрюк. Наводнение в декабре 2001 года — январе 2002 года, вызванное морозами с чередующимися оттепелями, значительными осадками и, в конечном счёте, образовавшимися ледовыми заторами, показало недостаточную защищённость дельты Кубани от такого рода наводнений.

Селевые явления повсеместно наблюдаются в горных и предгорных районах Краснодарского края. Информация о явлениях фиксируется Единой дежурно-диспетчерской службой муниципальных образований и передаётся в Центр управления в кризисных ситуациях МЧС России по Краснодарскому краю, откуда, в свою очередь, информация поступает в базу данных ТЦМП ЧС в форме ежедневных и еженедельных оповещений. Анализ полученной информации показывает, что преобладающая часть селей образуется под влиянием продолжительных и/или интенсивных осадков. Большое значение имеет влажность почвы и грунта, которая определяется количеством осадков за предыдущие декады. За анализируемый период отметим тенденцию увеличения числа селевых и оползневых явлений с

максимумом в 2011 году (22 случая) (рис. 8). Как выяснилось, район МО города Сочи наиболее подвержен такого рода явлениям вследствие активного строительства объектов рекреационной и спортивной инфраструктуры. Анализ внутригодовой динамики селевых и оползневых явлений на территории края в 2000–2017 годах показал, что их активизация приходится на апрель (19 случаев) и январь (18); минимум случаев отмечен в ноябре (7).

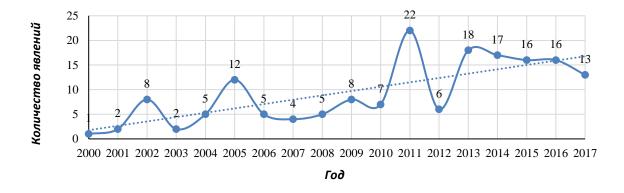


Рис. 8. Зафиксированные в 2000–2017 годах селевые и оползневые явления на территории Краснодарского края
Fig. 8. The mudflow and landslide phenomena recorded in 2000–2017 in the territory of Krasnodar region

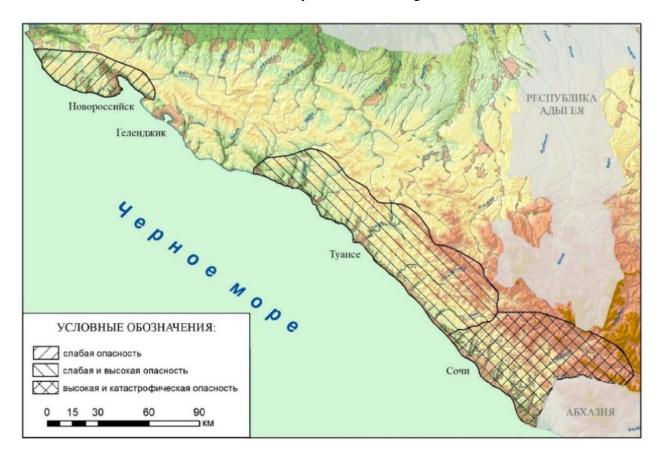


Рис. 9. Селеопасные районы на черноморском побережье Краснодарского края (Паспорт..., 2017)

Fig. 9. Lahar-affected areas on the Black Sea coast of Krasnodar region (Passport..., 2017)

Зона потенциальной селевой опасности в бассейне реки Кубань включает всю территорию бассейна к западу от рек Пшиш и Пшеха (Паспорт..., 2017). На Черноморском побережье степень селевой опасности высока, прежде всего из-за высокой плотности застройки (рис. 9). Часто селевая активность сочетается с другими опасными гидрологическими явлениями. Так, катастрофический сель в балке Широкой (район Новороссийска), возникший после смерчевого паводка 6–8 августа 2002 года, унёс жизни 59 отдыхающих и разрушил 490 домов.

# выводы

- 1. Слабая изученность опасных гидрологических явлений в Краснодарском крае на фоне их высокой повторяемости и потенциальной опасности требует соответствующего информационного обеспечения для их исследования и анализа. С этой целью силами «Территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» создана и продолжает совершенствоваться система мониторинга противопаводковой обстановки.
- 2. Установлено, что наибольшая повторяемость паводков на территории Краснодарского края наблюдается в мае-июле (73 случая); максимум приходится на июнь (37 случаев) в период пика половодья на большей части рек края.
- 3. Наибольший ущерб хозяйству края наносят быстро развивающиеся паводки на горных реках. Большая часть паводков происходит на реках в среднем течении реки Кубани (49 % от общего числа паводков). Подавляющее большинство их зафиксировано в бассейне реки Лабы. На реки Черноморского побережья приходится 22 % паводков, на реки западной части среднего течения Кубани (бассейны Афипса, Псекупса, Пшиша) 16 %. Реки, впадающие в закубанские плавни, принимают до 9 % паводков.
- 4. В 2000–2017 годах максимум числа паводков отмечен на реках Убин, Лаба и Чамлык (9, 8 и 7 случаев соответственно).
- 5. По данным автоматизированных гидрологических комплексов в 2014—2017 годах уровни рек повышались до отметок ОЯ 90 раз, при этом 47 % случаев наблюдалось в Туапсинском районе и МО городе Сочи. Максимум случаев достижения отметок ОЯ отмечен на правом притоке Мзымты реке Кепше (19 случаев). Высокая повторяемость достижений отметок ОЯ зафиксирована на реках бассейна Лабы (Синюха, Лаба, Чамлык) 8—12 случаев.
- 6. В период 2000–2017 годов в регионе в целом отмечена тенденция к росту количества селевых и оползневых явлений. Район МО города Сочи наиболее подвержен явлениям такого рода. По имеющимся данным наблюдений активизация селей и оползней на территории Краснодарского края происходит в апреле (19 случаев) и январе (18), минимум случаев отмечен в ноябре (7).

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Абдушелишвили К.Л., Гагуа В.П, Керимов А.А., Кордзахия Р.С., Папинашвили Л.К., Рухадзе Н.В., Сванидзе Г.Г., Сухишвили Э.В., Татошвили С.Г., Хвичия М.С., Херхеулидзе И.И., Херхеулидзе Г.И., Хмаладзе Г.Н., Цомая В.Ш., Цуцкиридзе Я.А., Цхвитава Р.В., Чиракадзе Г.И. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 288 с.
- 2. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Колтерманн К.Н., Крыленко И.Н., Юмина Н.М., Айбулатов Д.Н., Ефремова Н.А. Строение и опасные гидрологические явления в Черноморской природно-экономической зоне побережья. Природные и социальные риски в береговой зоне Чёрного и Азовского морей. Сборник научных статей по итогам семинара 16–19 июня 2012 года. М.: Издательство Московского университета, 2012. С. 4–16.

- 3. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Колтерманн К.Н., Торопов П.А., Школьный Д.И., Белякова П.И. Наводнения на Черноморском побережье Краснодарского края. Водные ресурсы, 2016. Т. 43. № 1. С. 3–17.
- 4. *Базелюк А.А.* Опасные гидрометеорологические явления на юге европейской территории России. Природные и социальные риски в береговой зоне Чёрного и Азовского морей. Сб. научных статей по итогам семинара 16–19 июня 2012 года. М.: Издательство Московского университета, 2012. С. 33–41.
- 5. *Баринов А.Ю*. Геоморфологическая оценка ливневой селеопасности черноморского побережья России: Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук. М.: 2009. 23 с.
- 6. *Волосухин В.А.*, *Щурский О.М.* Наводнения на Кубани. Проблемы и задачи. Гидротехника, 2012. № 4. С. 6–9.
- 7. Ворошилов В.И. Селевые паводки и меры борьбы с ними на южном склоне Северо-Западного Кавказа. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук. Ростов-на-Дону: Ростовский гос. университет, 1972. 25 с.
- 8. *Кононова Н.К.* Циркуляция атмосферы как фактор стихийных бедствий на Северном Кав-казе в XXI веке. Геополитика и экогеодинамика регионов, 2012. Т. 8. № 1–2. С. 72–103.
- 9. Лурье П.М., Панов В.Д., Ткаченко Ю.Ю. Река Кубань. Гидрография и режим стока. СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. 500 с.
- 10. Нагалевский. Э.Ю., Нагалевский. Ю.Я., Папенко И.Н. Региональная мелиоративная география. Краснодарский край. Краснодар: Издательство КубГАУ (Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина), 2013. 280 с.
- 11. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М. Реки Черноморского побережья Кавказа: гидрография и режим стока. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2012. 605 с.
- 12. Погорелов А.В., Измайлов Г.Г., Уманский И.В. Обильные (катастрофические) осадки на территории Краснодарского края летом 1991 года. Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем малых рек. Сборник материалов межреспубликанской научно-практической конференции. Краснодар: Кубанский государственный университет, 1992. Ч. 2. С. 140–142.
- 13. *Ткаченко Ю.Ю*. Опасные гидрометеорологические явления на Черноморском побережье, связанные с выпадением сильных осадков. Природные и социальные риски в береговой зоне Чёрного и Азовского морей. Сборник научных статей по итогам семинара 16–19 июня 2012 года. М.: Издательство Московского университета, 2012. С. 42–45.
- 14. *Трихунков Я.И.* Селеопасность Северо-Западного Кавказа. Материалы Всероссийской конференции «Индикация состояния окружающей среды». М.: Издательство «Московский педагогический государственный университет», 2010. С. 6–10.
- 15. Хворостов В.В. Некоторые особенности селевых процессов в бассейнах рек Черноморского побережья Краснодарского края. География Краснодарского края: антропогенные воздействия на окружающую среду. Краснодар, 1987. С. 26–33.
- 16. Шевердяев И.В. Особенности формирования и прохождения опасных паводков на реках Северо-Западного Кавказа. Диссертация на соискание учёной степени кандидата географических наук. СПб.: РГГМУ (Российский государственный гидрометеорологический университет), 2017. 152 с.
- 17. Шныпарков А.Л. Лавинная и селевая деятельность на Черноморском побережье Кавказа. Природные и социальные риски в береговой зоне Чёрного и Азовского морей. Сборник научных статей по итогам семинара 16–19 июня 2012 года. М.: Издательство Московского университета, 2012. С. 46–53.

#### REFERENCES

1. Abdushelishvili K.L., Gagua V.P, Kerimov A.A., Kordzakhiya R.S., Papinashvili L.K., Rukhadze N.V., Svanidze G. G., Sukhishvili E.V., Tatoshvili S.G., Hvichiya M.S., Herkheulidze I.I.,

- Herkheulidze G.I., Hmaladze G.N., Tsomaya V.Sh., Tsutskiridze Ya.A., Tskhvitava R.V., Chirakadze G.I. The dangerous hydrometeorological phenomena in the Caucasus. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1980. 288 p. (in Russian).
- 2. Alekseevsky N.I., Magritsky D.V., Koltermann K.N., Krylenko I.N., Yumina N.M., Aybulatov D.N., Efremova N.A. Structure and the dangerous hydrological phenomena in the Black Sea natural and economic area of the coast // Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas. The collection of scientific articles following the results of a seminar on June 16–19, 2012. Moscow: Moscow University Press, 2012. P. 4–16 (in Russian).
- 3. Alekseevsky N.I., Magritsky D.V., Koltermann K.N., Toropov P.A., Shkolnyy D.I., Belyakova P.I. Floods on the Black Sea coast of Krasnodar region. Water Resources, 2016. V. 43. No 1. P. 3–17 (in Russian).
- 4. *Barinov A.Yu*. Geomorphological assessment of a storm seleopasnost of the Black Sea coast of Russia: Abstract of the diss. for the degree of pHD of geographical sciences. Moscow, 2009. 23 p. (in Russian).
- 5. *Bazelyuk A.A.* The dangerous hydrometeorological phenomena in the south of the European territory of Russia. Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas. The collection of scientific articles following the results of a seminar on June 16–19, 2012. Moscow: Moscow University Press, 2012. P. 33–41 (in Russian).
- 6. *Hvorostov V.V.* Some features of torrential processes in basins of the rivers of the Black Sea coast of Krasnodar region. Geography of Krasnodar region: anthropogenic impacts on the environment. Krasnodar, 1987. P. 26–33 (in Russian).
- 7. *Kononova N.K.* Circulation of the atmosphere as a factor of natural disasters in the North Caucasus in the XXI century. Geopolitics and ecogeodynamics of regions, 2012. V. 8. No 1–2. P. 72–103 (in Russian).
- 8. *Lurye P.M.*, *Panov V.D.*, *Tkachenko Yu.Yu*. Kuban River. Hydrography and mode of a drain. St. Petersburg: Hydrometeoizdat, 2005. 500 p. (in Russian).
- 9. *Nagalevskyi E.Yu.*, *Nagalevskyi Yu.Ya.*, *Papenko I.N.* Regional meliorative geography. Krasnodar region. Monograph. Krasnodar: KubSAU (Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin), 2013. 280 p. (in Russian).
- 10. *Panov V.D.*, *Bazelyuk A.A.*, *Lurye P.M.* Rivers of the Black Sea coast of the Caucasus: hydrography and mode of a drain. Rostov-on-Don: Donskoy Publishing house, 2012. 605 p. (in Russian). 11. *Pogorelov A.V.*, *Izmaylov G. G.*, *Umansky I.V.* Plentiful (catastrophic) rainfall in the territory of Krasnodar region in the summer of 1991. Topical issues of ecology and conservation of ecosystems of the small rivers. Collection of materials of an Interrepublican scientific and practical conference. Part 2. Krasnodar: Kuban State University, 1992. P. 140–142 (in Russian).
- 12. *Sheverdyaev I.V.* Features of formation and passing of hazardous floods on the rivers of the northwest Caucasus. Diss. for the degree of pHD of geographical sciences. St. Petersburg: RSHMU (Russian state Hydrometeorological University), 2017. 152 p. (in Russian).
- 13. *Shnyparkov A.L.* Avalanche and torrential activity on the Black Sea coast of the Caucasus. Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas. The collection of scientific articles following the results of a seminar on June 16–19, 2012. Moscow: Moscow University Press, 2012. P. 46–53 (in Russian).
- 14. *Tkachenko Yu.Yu.* The hazardous hydrometeorological phenomena on the Black Sea coast connected with loss of strong rainfall. Natural and social risks in a coastal zone of the Black and Azov seas. Natural and social risks in the coastal zone of the Black and Azov Seas. The collection of scientific articles following the results of a seminar on June 16–19, 2012. Moscow: Moscow University Press, 2012. P. 42–45 (in Russian).
- 15. *Trikhunkov Ya.I.* Mudflow risk of the Northwest Caucasus. Materials of the All-Russian conference "Indication of state of environment". Moscow: Publishing House "Moscow Pedagogical State University", 2010. P. 6–10 (in Russian).

- 16. *Volosukhin V. A., Shchursky O.M.* Floods in Kuban. Problems and tasks. Hydraulic engineering, 2012. No 4. P. 6–9 (in Russian).
- 17. *Voroshilov V.I.* Mudflow floods and measures of fight against them on the southern slope of the Northwest Caucasus. Abstract of the diss. for the degree of pHD of geographical sciences. Rostov-on-Don: Rostov State University, 1972. 25 p. (in Russian).

УДК: 582.94 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-247-259

Р.К. Абдуллин<sup>1</sup>, А.Н. Шихов<sup>2</sup>, А.В. Тарасов<sup>3</sup>

# СТРУКТУРА И ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА УРАЛА

#### **АННОТАЦИЯ**

Рассматривается современное состояние проблемы атласного картографирования изменений климата. Показано, что в настоящее время подобные атласы в России отсутствуют, но существует потребность в их создании на основе современных технологий веб-картографирования, что обеспечит доступность для широкого круга пользователей. Представлена структура и информационное наполнение разрабатываемого в настоящее время электронного атласа изменений климата Урала. Детально описано содержание разделов атласа, включая различные информационные ресурсы, используемые при создании карт. Выделены основные особенности содержания атласа. К ним относится, в частности, интеграция нескольких актуальных источников данных о современном климате и его изменениях, наличие обширного раздела, посвящённого экстремальным климатическим характеристикам, а также карт негативных последствий изменения климата. Приведены примеры карт среднегодовых и экстремальных климатических характеристик, их трендов, а также карта ущерба для лесных ресурсов, вызванного экстремальными погодными явлениями. Описаны региональные особенности изменения этих характеристик за последние десятилетия. Кратко рассмотрены особенности реализации атласной информационной системы на основе веб-ГИС технологий.

Предложенные решения (по структуре атласа, его информационному наполнению, способам картографического отображения и функциональным возможностям) могут быть впоследствии реализованы при создании подобных картографических сервисов для других крупных регионов России.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** изменения климата, электронный атлас, информационное наполнение, веб-ГИС технологии

Rinat K. Abdullin<sup>4</sup>, Andrey N. Shikhov<sup>5</sup>, Andrey V. Tarasov<sup>6</sup>

# STRUCTURE AND INFORMATION FILLING OF THE DIGITAL ATLAS OF CLIMATE CHANGE OF THE URAL REGION

#### **ABSTRACT**

The paper presents the current state of the atlas mapping of climate change. It is shown, that the atlases of climate change are absent in Russia, but the modern web-GIS technologies provide the possibility of its creation and availability for many users. We present the structure and content

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail:* **rinaha-26@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail:* and3131@inbox.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, *e-mail:* andrew.tarasov1993@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Krasnodar, Russia, e-mail: rinaha-26@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Krasnodar, Russia, e-mail: and3131@inbox.ru

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Perm State University, Bukireva str., 15, 614990, Krasnodar, Russia, e-mail: andrew.tarasov1993@gmail.com

of the developed atlas of climate change for the Ural region. The content of each section of the atlas is considered in details, including the description of datasets, which are used for the creation of maps. The main features of the atlas content are highlighted. They are the integration of several actual datasets of the current climate and climate changes; the detailed consideration of climatic extremes, and the creation of the maps of some destructive consequences and impacts of climate change. Some examples of the atlas content are presented, such as the maps of average and extreme values of climatic variables, their trends, and also the map of the weather-induced forest damage for long-term period (1984–2016), Some regional features of the trends of the studied climatic variables are described,

We present also the main features of the development of the Atlas information system with the use of web-GIS technologies. The proposed structure and content of the Atlas, the methods of mapping of climatic variables, and functionality of the Atlas information system can be used to develop the similar web-GIS and atlases in other regions of Russia.

**KEYWORDS:** climate change, digital Atlas, information filling, web-GIS technologies

# **ВВЕДЕНИЕ**

Изменения климата и их негативные последствия признаны одной из основных угроз XXI века. Для их изучения на различных пространственных масштабах применяется широкий комплекс методов, в том числе атласное картографирование.

Климатические атласы в нашей стране создавались ещё более полувека назад [Климатический атлас..., 1960]. Из относительно современных произведений по данной тематике наиболее известны второй том Национального Атласа России [2007], а также Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций [2005]. Эти атласы были изданы в традиционной печатной форме. Они содержат широкий перечень климатических карт, включая карты средних и экстремальных значений, а также опасных явлений погоды.

В последние годы подходы и требования к картографированию климата несколько изменились в связи с развитием ГИС-технологий, появлением новых источников информации (в частности, данных реанализа) и расширением возможности оперативной актуализации климатических карт. Кроме того, получили развитие различные формы электронных атласов. Из опубликованных в последние годы электронных атласов стоит отметить Агроэкологический атлас России и сопредельных стран [Афонин и др., 2008]. Авторами данного атласа реализованы интересные подходы к картографированию климатических характеристик на малоизученных территориях, с использованием данных реанализа и спутниковых наблюдений. Недостатком атласа является то, что в качестве базового набора данных для создания карт были использованы устаревшие Климатические справочники СССР, изданные в 1965—1974 годах.

В 2017 году был издан Национальный Атлас Арктики, в структуре которого также представлен большой перечень климатических карт [Касимов и др., 2015]. В данном атласе представлены не только карты основных климатических характеристик за период 1961—1990 годов, но и данные о трендах температуры и осадков за 1981—2010 годы.

На региональном уровне в последние годы в России климатические атласы практически не издавались. В 2015 году был издан Экологический атлас бассейна озера Байкал [Батуев и др., 2015], в котором представлен широкий спектр климатических карт изучаемой территории, причём все карты созданы с применением современных методов, учитывающих влияние подстилающей поверхности на климатические характеристики. В 2016 году кафедрой картографии и геоинформатики Пермского государственного университета был

издан Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского Прикамья, в котором также представлен большой перечень климатических карт<sup>1</sup>.

В 2017 году опубликована его электронная версия в виде АИС (атласной информационной системы), структура и информационное наполнение которой описаны в работе [Пьянков и др., 2017].

В странах Европы и Северной Америки создан ряд климатических атласов различного территориального охвата как в традиционной печатной, так и в электронной форме. В 2011 году специалистами IPCC (Международной группы экспертов по изменению климата) был издан Атлас изменений климата глобального охвата [Dow, Downing, 2011]. В 1997 году был издан Атлас климатических трендов для территории Европы [Schonwiese, Rapp, 1997]. Данный атлас характеризует пространственную изменчивость климатических трендов в Европе за столетний период 1891–1990 годов.

В целом можно отметить высокую актуальность создания электронных атласов, предоставляющих актуальную информацию об изменении климата за последние десятилетия и его последствиях в максимально доступной форме. Целью настоящего исследования является создание электронного атласа (АИС) изменений климата Уральского региона с применением веб-ГИС технологий. С точки зрения информационного наполнения, уникальность создаваемого атласа состоит в том, что он интегрирует несколько современных источников данных о климате, его изменениях и негативных последствиях. В настоящей работе рассматриваются структура и информационное наполнение атласа.

Выбор Уральского региона в качестве исследуемой территории обусловлен большим разнообразием климатических характеристик в её пределах. Также на формирование климата Урала оказывает значительное влияние Карское море, над акваторией которого в последние 15 лет наблюдается беспрецедентный рост температуры воздуха.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И СТРУКТУРА АТЛАСА

В структуре АИС изменений климата Урала будут выделены пять основных разделов:

- режимные среднемноголетние климатические характеристики и их тренды;
- экстремальные климатические характеристики (среднегодовые, абсолютные экстремумы) и их тренды;
  - крупномасштабные погодные аномалии и опасные метеорологические явления;
  - последствия изменения климата;
  - комплексные и синтетические карты.

Ниже представлена более подробная характеристика разделов атласа и информационных ресурсов, используемых для их наполнения.

Содержание *первого раздела АИС* можно считать традиционным, поскольку карты режимных климатических характеристик широко представлены во всех климатических атласах. Для наполнения раздела использованы исходные данные из нескольких источников. Многолетние климатические данные по 462 реперным метеостанциям Росгидромета имеются в открытом доступе на сервисе ВНИИГМИ-МЦД (http://aisori.meteo.ru/ClimateR). В пределах Уральского региона или вблизи его границ находится 91 реперная метеостанция, данные которых и использовались для построения карт. Продолжительность рядов наблюдений по температуре и влажности воздуха на многих станциях превышает 100 лет. Данные по количеству осадков имеются только с 1966 года, поскольку до этого в наблюдениях за осадками трижды была нарушена однородность рядов<sup>2</sup>.

-

 $<sup>^{1}</sup>$  Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К. Атлас опасных гидрометеорологических явлений Уральского При-камья. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2016. 116 с.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> *Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Коршунова Н.Н., Швец Н.В.* Описание массива данных месячных сумм осадков на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015620394. М., 2015.

В настоящее время созданы карты режимных климатических характеристик: среднегодовой и среднемесячной температуры воздуха, влажности воздуха (парциального давления водяного пара), атмосферного давления, общей и нижней облачности, количества осадков (за год, тёплый и холодный период, а также по месяцам), характеристик снежного покрова (средней максимальной высоты и запаса воды в снеге, продолжительности залегания). Построены также карты их трендов за период с середины XX века до настоящего времени.

На основе данных ВНИИГМИ-МЦД по реперным станциям были построены карты среднемноголетних значений температуры и влажности воздуха по скользящим 30-летним периодам (1951–1980, 1961–1990, 1971–2000 и 1981–2010 годы). Выбор 30-летних периодов обусловлен рекомендациями Всемирной метеорологической организации (ВМО). Также учитывался тот факт, что современное потепление климата в регионе началось с 1980-х годов [Переведенцев, 2013]. Следовательно, первый из рассматриваемых периодов (1951–1980 годы) отражает ситуацию до начала современного потепления. Карты характеристик осадков созданы по периодам осреднения 1966–1995, 1971–2000, 1976–2005 и 1981–2010 годов. При интерполяции данных учитывались зависимости от свойств подстилающей поверхности, а для повышения точности оценки вертикального распределения температуры и влажности воздуха были использованы данные реанализа ERA-Interim. Пример созданной карты изменений среднегодовой температуры воздуха на Урале приведён на рис. 1.

Помимо данных ВНИИГМИ-МЦД, для создания климатических карт использованы Климатические справочники СССР и данные проекта WorldClim 2.0 [Fick, Hijmans, 2017]. Карты ряда климатических переменных, созданные на основе данных из Справочников по климату СССР [Справочники..., 1965–1974], а также данных реанализа, уже опубликованы в электронном Агроэкологическом атласе [Афонин и др., 2008] и могут быть интегрированы в создаваемую АИС. Это позволяет расширить продолжительность временных рядов для анализа изменения климата в последние десятилетия, так как данные из Агроэкологического атласа характеризуют климат за период до 1960-х годов.

Данные из Научно-прикладного справочника по климату СССР [1989–1991] также использованы при создании ряда карт, поскольку в данном справочнике представлены многолетние данные по общей и нижней облачности, а также данные снегомерных съёмок, которые в других источниках либо отсутствуют, либо имеют низкое качество. Данные доступны по 104 метеостанциям.

В 2017 году в рамках проекта WorldClim 2.0 [Fick, Hijmans, 2017] были получены поля пространственного распределения ряда климатических переменных за 1971–2000 годы с пространственным разрешением до 1 км, которые также использованы при создании АИС. Таким образом, для ряда режимных климатических характеристик (температуры воздуха, количества осадков, парциального давления водяного пара), в АИС, помимо авторских карт, построенных на основе данных из архивов ВНИИГМИ-МЦД, представлены карты по данным проекта WorldClim 2.0.

Второй раздел АИС будет содержать карты экстремальных климатических характеристик и их трендов. К ним относятся абсолютные и среднегодовые экстремумы температуры воздуха, количества осадков (за сутки и за 12 часов), скорости ветра, высоты снежного покрова и ряда других переменных. Помимо этого, созданы карты повторяемости климатических экстремумов (среднегодовое число дней с температурой воздуха ниже -30° С и выше 30°С, с количеством осадков ≥ 30 мм за суточный и полусуточный интервалы и других). Карты экстремальных климатических характеристик представляют особый интерес, поскольку основные риски для населения и окружающей среды, связанные с современным изменением климата, вызваны увеличением частоты и магнитуды именно экстремальных погодно-климатических явлений. Повторяемость этих явлений также может изменяться во времени более существенно, чем средние климатические характеристики.

Исходные данные для создания карт экстремальных характеристик получены по наблюдениям реперных метеостанций Росгидромета. Так же, как и для построения карт режимных характеристик, при определении норм использованы скользящие 30-летние периоды. Для обработки данных и проведения вычислений в пакетном режиме создан ряд скриптов на языке Python. При интерполяции данных использовались подходы, основанные на одномерном и множественном регрессионном анализе для учёта влияния факторов подстилающей поверхности<sup>1</sup>.

Примеры созданных карт экстремальных характеристик и их трендов приведены на рис. 2, 3.

**Третий раздел АИС** будет содержать данные о крупномасштабных климатических аномалиях и опасных явлениях погоды (ОЯ). Поскольку критерии ОЯ существенно различаются для разных субъектов РФ, входящих в состав Уральского региона, картографирование их пространственного распределения на основе существующих критериев невозможно. Так, критерий ОЯ «сильный мороз» для территории Ямало-Ненецкого АО составляет -50° С, а для Южного Предуралья — -35° С. Критерий ОЯ «очень сильный ветер» для всей территории Урала составляет 25 м/с, а для побережья Северного Ледовитого океана — 30 м/с.

На первом этапе были обработаны данные о случаях ОЯ, зафиксированных на метеостанциях, входящих в сеть международного обмена, за период 2006–2017 годов. В качестве исходной информации использован архив фактической погоды по метеостанциям России (https://rp5.ru/). В пределах исследуемой территории имеется 99 метеостанций, по которым доступен полный архив данных за рассматриваемый период с минимальным числом пропусков и ошибок. Обработка массива данных и формирование перечня случаев ОЯ выполнено средствами языка программирования Руthon. Затем проведена ручная проверка (в частности, путём сравнения с данными реанализа) и фильтрация ошибочных значений.

В результате создана база данных, включающая сведения о 1567 случаях опасных явлений погоды, зафиксированных на метеостанциях Уральского региона за период 2006—2017 годов. В их число входят 554 случая сильного мороза, 480 случаев сильной жары, 403 случая очень сильного дождя, 27 случаев очень сильного снега или смешанных осадков, 68 случаев очень сильного ветра и 35 случаев шквала. Для каждого явления определена интенсивность и продолжительность. Следует отметить, что реальное количество случаев ОЯ, зафиксированных метеостанциями в рассматриваемом регионе значительно выше. Однако архивы данных с большинства метеостанций, имеющиеся в открытом доступе, неоднородны по длине временного ряда и содержат многочисленные пропуски и ошибочные значения, что затрудняет их обработку.

Для пользователей АИС будут доступны данные о зафиксированных случаях ОЯ по каждой метеостанции, а также будет реализовано формирование запросов к ним. По каждому случаю планируется также подготовить дополнительную информацию об условиях возникновения явления (с использованием данных реанализа) и о нанесённом ущербе. Аналогичная база данных ранее была создана и регулярно обновляется для территории Пермского края (http://map.psu.ru/search.aspx).

\_

 $<sup>^{1}</sup>$  Абдуллин Р.К., Шихов А.Н. Математико-картографическое моделирование пространственно-временного распределения опасных явлений погоды // Геодезия и картография, 2017. № 2. С. 26–32. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-920-2.

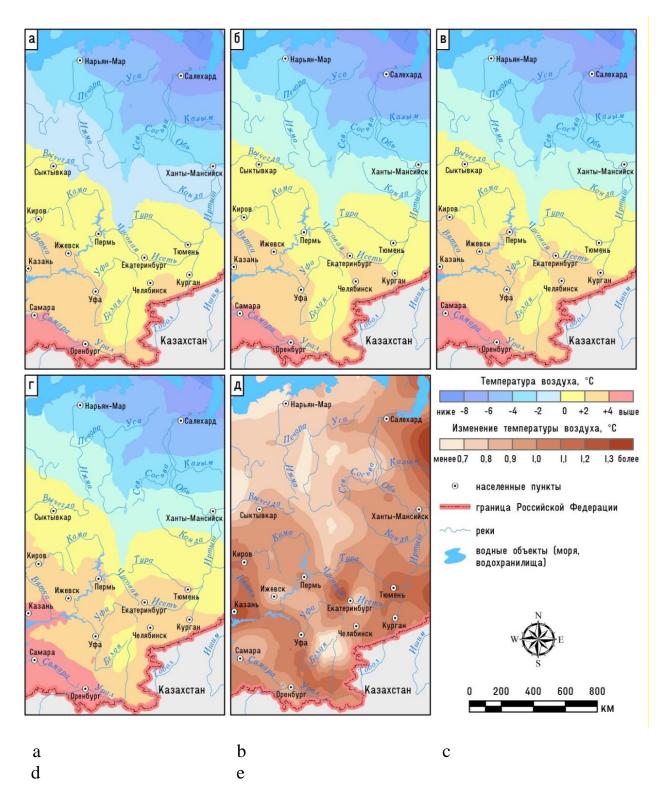


Рис. 1. Среднемноголетняя температура воздуха на Урале: а) за период 1951–1980 годов; б) за период 1961–1990 годов; в) за период 1971–2000 годов; г) за период 1981–2010 годов; д) изменение температуры воздуха между 1951–1980 и 1981-2010 годами

Fig. 1. Multi-year air temperature in the Ural region, averaged for: a) 1951–1980; b) 1961–1990; c) 1971–2000; d) 1981–2010; e) air temperature difference between 1981–2010 and 1951–1980

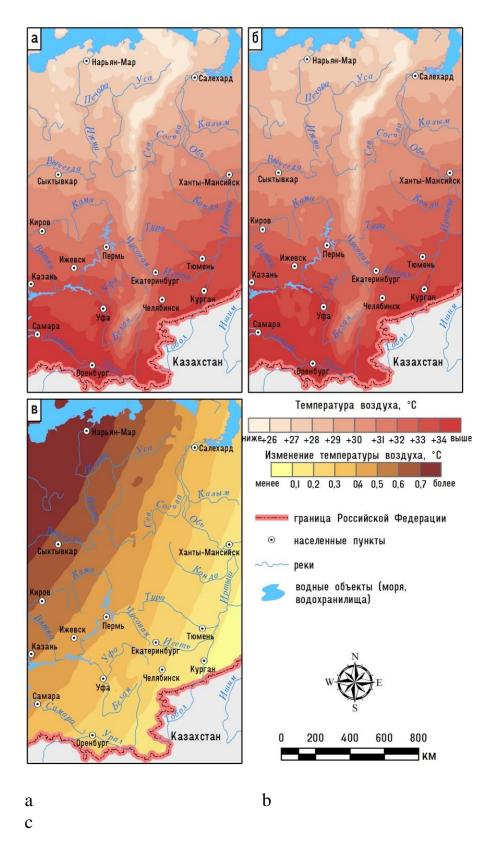


Рис. 2. Средний многолетний максимум температуры воздуха на Урале: а) за период 1951–1980 годов; б) за период 1981–2010 годов; в) разность между рассматриваемыми периодами

Fig. 2. Average annual maximum of the air temperature in the Ural region for: a) 1951–1980; b) 1981–2010; c) the difference between these periods

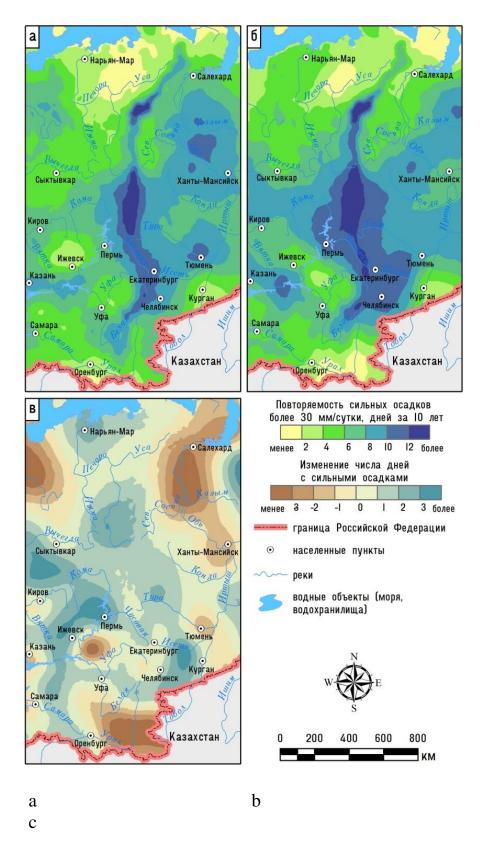


Рис. 3. Повторяемость сильных осадков  $\geq$  30 мм/сутки на Урале, дней за 10 лет: а) за период 1966—1995 годов; б) за период 1986—2015 годов; в) разность между рассматриваемыми периодами

Fig. 3. Frequency of heavy rainfalls ≥ 30 mm/24 h (day per 10 years) in the Ural region, averaged for: a) 1966–1995; b) 1986–2015; c) difference between these periods

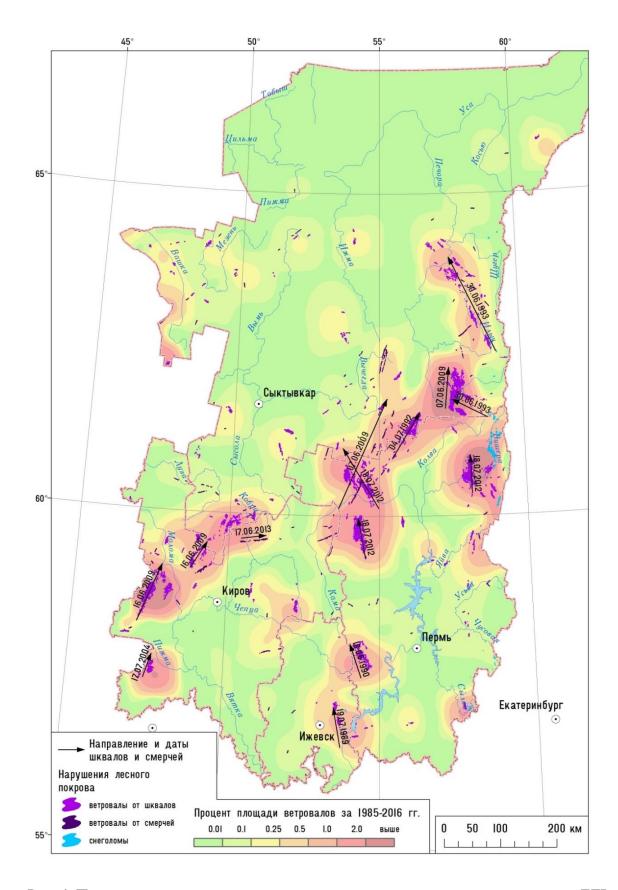


Рис. 4. Пространственное распределение крупных ветровалов на северо-востоке ETP за 1985–2016 годы

Fig. 4. Spatial distribution of large-scale windthrows on the North-East of European Russia for 1985–2016

Помимо доступа к базе данных, в АИС будет представлена более подробная информация об отдельных выдающихся случаях ОЯ в виде картографических анимаций, иллюстрирующих их развитие. В зависимости от типа явления и охвата территории, планируется использовать различные данные для их создания. Так, картографические анимации развития опасных явлений, связанных с процессами синоптического масштаба (аномально холодные или жаркие периоды, интенсивные осадки обложного характера) будут созданы на основе данных реанализа CFS и Era-Interim. Для создания анимаций конвективных явлений планируется использовать данные с геостационарного спутника Meteosat-8, которые отличаются оптимальным сочетанием пространственного (1–4 км) и временного (15 мин) разрешения, для отображения развития конвективных облачных систем, вызывающих сильные ливни, шквалы, град и смерчи.

Планируется создать картографические анимации ряда случаев опасных явлений погоды: волн холода в декабре 2009 и 2016 годов, волн тепла в июле 2010 и 2012 годов, прохождения циклонов с интенсивными осадками в виде дождя (в августе 2013 и 2015 годов и в июле 2017 года) и в виде снега (в октябре 2014 и 2015 годов), а также развития конвективных облачных систем со смерчами в июне 2018 года.

**Четвёртый раздел АИС** будет содержать данные о некоторых негативных последствиях изменений климата. В частности, в нём будут представлены данные о многолетней динамике площадей лесных пожаров и ветровалов за период с 1984 года, поскольку увеличение ущерба для лесов от экстремальных погодных явлений признано одним из основных негативных последствий изменения климата.

В настоящее время создана база геоданных о нарушениях лесного покрова, вызванных крупными пожарами и ветровалами на всей территории Урала за 2001–2014 годов [Шихов и др., 2017], а для Западного Урала – за период с 1984 года. В АИС будут представлены как сами данные (контуры гарей и ветровалов с возможностью получения атрибутивной информации по каждому случаю), так и построенные на их основе карты (доля площади лесов, погибших от пожаров и ветровалов за рассматриваемый период), а также характеристики многолетних трендов. Пример карты пространственного распределения ветровалов за 1985–2016 годы приведён на рис. 4.

**Пятый раздел АИС** (комплексные и синтетические карты) будет содержать ряд карт, дающих интегральную оценку климатических условий региона. В частности, это карты климатообразующих факторов, климатического районирования и комфортности климатических условий.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В АИС И ПРИМЕРЫ КАРТ

Для систематизации, интеграции и хранения данных в АИС создана картографическая база данных под управлением СУБД PostgreSQL. Электронный атлас разрабатывается на основе web-ГИС технологий. Интерфейс доступа к нему будет реализован в виде картографического веб-сервиса. Для публикации пространственных данных в сети Интернет, а также организации доступа к ним пользователей применяется установленный на веб-сервер ГИС-сервер ArcGIS Server 10.4, публикация данных выполняется из настольного программного обеспечения ArcGIS Desktop 10.4. Доступ пользователей к электронному атласу через сеть Интернет организован при помощи клиентского веб-приложения, реализованного на базе технологий HTML5, CSS3 и JavaScript.

Примеры карт, входящих в структуру разрабатываемой АИС, представлены на рис. 1-4.

Анализ представленных карт позволяет выделить следующие особенности изменения климатических переменных на территории Урала за период с середины XX века до 2015 года:

- На всей территории Урала произошёл рост среднегодовой температуры воздуха в пределах приблизительно от 0,7 до 1,3 °C. Явных пространственных закономерностей в распределении темпов роста температуры не наблюдается. Наименее выраженным потепление оказалось на северо-западе территории (в пределах Республики Коми и Ненецкого автономного округа).
- Поскольку в рассматриваемый период наблюдался рост среднегодовой температуры воздуха, то закономерно выросли (на 0,1–0,9 °C) значения и среднего многолетнего максимума температуры воздуха. Наблюдается ярко выраженная закономерность распределения темпов роста данного параметра по территории с юговостока на северо-запад.
- Что касается повторяемости сильных осадков (более 30 мм за сутки), то в разных частях территории Урала складывается различная ситуация. Так, в северо-восточной (запад Ямало-Ненецкого автономного округа), северо-западной (северо-запад Республики Коми и Ненецкого автономного округа) и юго-восточной (восток Оренбургской области) частях исследуемой территории наблюдается уменьшение количества дней с интенсивными осадками от 1 до 4 дней за 10-летний период. Наибольшее увеличение повторяемости сильных осадков зафиксировано на западных склонах Уральских гор и далее к западу (Пермский край, Удмуртская Республика, юго-запад Республики Коми) в пределах от 1 до 4 дней за 10 лет. Также значительный рост повторяемости данного параметра на 3—4 дня за 10 лет наблюдается на границах Свердловской, Челябинской и Курганской областей.

## выводы

Создание электронного атласа изменений климата Урала позволит, во-первых, на основе анализа актуальных источников данных и построения карт (в том числе карт трендов) выявить региональные особенности современного изменения климата в регионе. Во-вторых, полученные результаты будут опубликованы в открытом доступе в формате, доступном для широкого круга пользователей. В частности, потребность в получении подобных данных существует у специалистов в области инженерных изысканий, которые зачастую используют в своей работе устаревшие данные о климатических нормах и экстремумах.

Кроме того, предложенные решения (по структуре атласа, его информационному наполнению, способам картографического отображения и функциональным возможностям) могут быть впоследствии реализованы при создании подобных картографических сервисов для других крупных регионов России.

# БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-35-00055 мол-а.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, 18-35-00055-mol-a.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Ред. С.К. Шойгу. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2005. 270 с. 2. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н., Афанасенко О.С., Берим М.Н., Бильдер И.В., Будревская И.А., Вершинин А.П., Гагкаева Т.Ю., Гасич Е.Л., Гашкова И.В., Гричанов И.Я., Гультяева Е.И., Гуськова Л.А., Давидьян Г.Э., Джонсон В., Дзюбенко Е.А., Дмитриев А.П., Дмитриев В.В., Доронина А.Ю., Драгавцев В.А., Ишкова Т.И., Каёхтин Д.А., Калибернова Н.М., Калинина Н.В., Капустин Г.А., Карлик Ф.А., Кравченко О.Е., Кунгурцева О.В., Лазарев А.М., Ларина С.Ю., Левитин М.М., Ли Ю.С., Липияйнен К.Л., Лунёва Н.Н., Малыш Ю.М., Малышев Л.Л., Мезенцев Б.М., Менжулин Г.В., Мехлебахер С., Михайлова Л.А., Надточий И.Н., Напольская Ю.Н., Овсянникова Е.И., Павлюшин В.А., Рухович Д.И.,

- Сазонова Л.В., Саулич М.И., Смекалова Т.Н., Соколова И.В., Соколова Т.Д., Стишонкова Н.А., Терёхина Н.В., Троян В.Н., Фасулати С.Р., Фёдоров А.С., Фунаро-Сото С., Фунтова В.Г., Хлопунова Л.Б., Цепелев В.Ю., Цыпленков А.Е., Чумаков М.А., Чухина И.Г., Шаулите М.С., Шумилин В.П., Щербаков В.М., Якуткин В.И. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения. СПб.: Санкт-Петербургский гос. университет, 2008. 1268 с. Электронный ресурс: http://www.agroatlas.ru (дата обращения 20.09.2018).
- 3. Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Богданов В.Н., Доржготов Д., Корытный Л.М., Плюснин В.М. Экологический атлас бассейна озера Байкал: картографическая инновация. География и природные ресурсы, 2015. № 1. С. 5–16. DOI: 10.1134/S1875372815010011.
- 4. *Касимов Н.С., Котляков В.М., Чилингаров А.М., Красников Д.М., Тикунов В.С.* Национальный атлас Арктики: структура и этапы разработки. Лёд и снег, 2015. № 1 (129). С. 4–14. DOI: 10.15356/2076-6734-2015-1-4-14.
- 5. Климатический атлас СССР. Ред. Ф.Ф. Давитая. М.: ГУГК, 1960. 400 с.
- 6. Национальный атлас России. Т. 2. Природа и экология. Ред. А.В. Бородко. М.: Роскартография, 2007. 495 с.
- 7. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Вып. 1–17. Л.: Гидрометеоиздат, 1989–1991.
- 8. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Казанский университет, 2013. 274 с.
- 9. *Пьянков С.В., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К.* Современные методы и технологии в тематическом атласном картографировании (на примере АИС «Опасные гидрометеорологические явления Уральского Прикамья»). Вопросы географии, 2017. Вып. 144. С. 208–226.
- 10. Справочники по климату СССР. Вып. 1–34. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965–1974.
- 11. Шихов А.Н., Перминов С.И., Киселёва Е.С. Оценка подверженности бореальных лесов Урала воздействию лесных пожаров и ветровалов по многолетним рядам спутниковых наблюдений. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2017. Т. 14. № 3. С. 87–102. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102.
- 12. *Dow K.*, *Downing T.E.* The Atlas of climate change: mapping the world's greatest challenge (Third Edition). Berkeley: California Press, 2011. 128 p.
- 13. *Fick S.E.*, *Hijmans R.J.* WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 2017. V. 37. P. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086.
- 14. *Schonwiese C.-D.*, *Rapp J.* Climate trend atlas of Europe: based on observations 1891–1990. Netherlands: Springer, 1997. 228 p. DOI: 10.1007/978-94-015-8818-8.

## REFERENCES

1. Afonin A.N., Grin S.L., Dzubenko N.I., Frolov A.N., Afanasenko O.S., Berim M.N., Bilder I.V., Budrevskaya I.A., Vershinin A.P., Gagkayeva T.Yu., Gasich E.L., Gashkova I.V., Grichanov I.Ya., Gultyaeva E.I., Gus'kova L.A., Davidyan G.E., Johnson V., Dzyubenko E.A., Dmitriev A.P., Dmitriev V.V., Doronina A.Yu., Dragavtsev V.A., Ishkova T.I., Kayokhtin D.A., Kalibernova N.M., Kalinina N.V., Kapustin G.A., Karlik F.A., Kravchenko O.E., Kungurtseva O.V., Lazarev A.M., Larina S.Yu., Levitin M.M., Lee Yu.S., Lipiyainen K.L., Lunyova N.N., Malysh Yu.M., Malyshev L.L., Mezentsev B.M., Menzhulin G.V., Mechlebacher S., Mikhailova L.A., Nadtochyi I.N., Napolskaya Yu.N., Ovsyannikova E.I., Pavlyushin V.A., Rukhovich D.I., Sazonova L.V., Saulich M.I., Smekalova T.N., Sokolova I.V., Sokolova T.D., Stishonkova N.A., Teryokhina N.V., Troyan V.N., Fasulati S.R., Fyodorov A.S., Funaro-Soto S., Funtova V.G., Khlopunova L.B., Tsepelev V.Yu., Tsyplenkov A.E., Chumakov M.A., Chukhina I.G., Shaulite M.S., Shumilin V.P., Shcherbakov V.M., Yakutkin V.I. Agroecological Atlas of Russia and neighboring countries: economically significant plants, their pests, diseases and weeds. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 2008. 1268 p. Web resource: http://www.agroatlas.ru (accessed 20.09.2018) (in Russian).

- 2. Atlas of natural and man-made dangers and risks of emergencies in Russian Federation. Ed. by S.K. Shoygu. Moscow: Design. Information. Cartography, 2005. 270 p. (in Russian).
- 3. Batuev A.R., Beshentsev A.N., Bogdanov V.N., Dorjgotov D., Korytny L.M., Plyusnin V.M. Ecological atlas of the Baikal basin: cartographic innovation. Geography and Natural Resources, 2015. V. 36 (1). P. 5–16. DOI: 10.1134/S1875372815010011 (in Russian).
- 4. Climatic atlas of the USSR. Ed. by F.F. Davitaya. Moscow: General Directorate of Geodesy and Cartography, 1960. 400 p. (in Russian).
- 5. *Dow K.*, *Downing T.E.* The Atlas of climate change: mapping the world's greatest challenge (Third Edition). Berkeley: California Press, 2011. 128 p.
- 6. *Fick S.E.*, *Hijmans R.J.* WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, 2017. V. 37. P. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086.
- 7. Handbooks on the climate of USSR. V. 1–34. Leningrad: Hydrometeo Publishing house, 1965–1974 (in Russian).
- 8. Kasimov N.S., Kotlyakov V.M., Chilingarov A.N., Krasnikov D.M., Tikunov V.S. National Atlas of Arctic: structure and creation approaches. Ice and Snow, 2015. V. 55. No 1. P. 4–14. DOI:10.15356/2076-6734-2015-1-4-14 (in Russian).
- 9. National Atlas of Russia. V. 2. Nature and Ecology. Ed. by A.V. Borodko. Moscow: Roscartography, 2007. 495 p. (in Russian).
- 10. *Perevedentsev Yu.P.*, *Sikolov V.V.*, *Naumov E.P.* Klimate and environment of the Volga federal district. Kazan: Kazan University, 2013. 274 p. (in Russian).
- 11. *Pyankov S.V.*, *Shikhov A.N.*, *Abdullin R.K.* Modern methods and technologies in thematic atlas mapping (on example of the AIS "Hazardous hydrometeorological events of the Ural Prikamye region"). Issues of geography, 2017. V. 144. P. 208–226 (in Russian).
- 12. Scientific and Applied Handbook on the climate of USSR. V. 1–17. Leningrad: Hydrometeo Publishing house, 1989–1991 (in Russian).
- 13. *Schonwiese C.-D.*, *Rapp J.* Climate trend atlas of Europe: based on observations 1891–1990. Netherlands: Springer, 1997. 228 p. DOI: 10.1007/978-94-015-8818-8.
- 14. *Shikhov A.N.*, *Perminov S.I.*, *Kiselyova E.S.* Assessment of boreal forests vulnerability to fireand wind-induced disturbances from long-term series of satellite observations within the Urals region. Modern problems of remote sensing of the Earth from space, 2017. V. 14. No 3. P. 87–102. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-4-87-102 (in Russian).

УДК: 528.8+681.3:574.4 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-260-270

П.Ю. Литинский1

# МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ГИС ВОДОСБОРОВ В ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЕ «ОЗЁРА КАРЕЛИИ»

## **АННОТАЦИЯ**

Экспертная система «Озёра Карелии» создаётся для классификации озёр, определения их трофического статуса и оценки водных и биологических ресурсов. Озёра в гумидной зоне в совокупности со своими водосборами представляют собой единую экосистему. Суммарное поступление терригенных органических веществ в озёра определяется пространственной структурой биогеоценозов в пределах водосбора. Однако до последнего времени такие данные в экспертной системе практически отсутствовали. Для прогнозирования изменений химического состава речного стока в условиях изменения климата необходимо дополнение экспертной системы геоинформационным блоком, интегрирующим данные о структуре и динамике наземных экосистем водосборов озёр, рельефе и гидрографической сети. Структура и динамика экосистем водосборов выявляется по снимкам Landsat с использованием оригинальной методики моделирования спектрального пространства. Это обеспечивает критически важное в данном случае выделение различных автоморфных и гидроморфных местообитаний, а также разных типов и стадий антропогенных нарушений экосистем. Для картографирования гидрографической сети и границ водосборов используется цифровая модель высот с пространственным разрешением 3". В статье приводится подробное описание методики создания основных слоев ГИС с использованием свободного программного обеспечения. Важность ГИС водосборов для экспертной системы исключительно высока, поскольку её принцип прогнозирование неизвестных характеристик озёр, исходя из известных. Вследствие огромного количества озёр натурные данные имеются лишь для ограниченного количества объектов, тогда как ГИС содержит информацию для всех водосборов всех озёр Карелии по целому ряду физико-географических и экологических показателей: структура и динамика лесных и болотных экосистем, определяющих продукцию органических веществ; антропогенные нарушения; ландшафтный контекст (рельеф, тип четвертичных отложений).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** геоматическое моделирование, таёжные экосистемы, озёра, водосборы, рельеф

Peter Yu. Litinsky<sup>2</sup>

# THE METHODS OF CREATING OF THE GIS OF CATCHMENTS IN THE EXPERT SYSTEM "LAKES OF KARELIA"

## **ABSTRACT**

An expert system is created for the classification of lakes, the assessment their characteristics, trophic status and biological resources. Lakes in the humid zone, together with their watersheds, constitute a single ecosystem. The total influx of terrigenous organic matter into lakes is

 $^1$  Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, г. Петрозаводск, просп. А. Невского, дом 50, 185030, Петрозаводск, Россия, *e-mail:* litinsky@sampo.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Northern Water Problems Institute of KarRC RAS, A. Nevsky ave, 50, 185030, Petrozavodsk, Russia, *e-mail:* litinsky@sampo.ru

determined by the spatial structure of biogeocenoses within the catchment area. However, until recently, such data in the expert system were practically absent. For a prediction of changes in the chemical composition of river runoff in a condition of changing climate, it is necessary to supplement the expert system with a geoinformation segment integrating data on the structure and dynamics of terrestrial ecosystems of lakes' catchments, topography and hydrographic network. The structure and dynamics of watershed ecosystems are mapped from Landsat images using the original spectral space modeling technique. This provides a critically important in this case the allocation of various automorphic and hydromorphic habitats, as well as different types and stages of anthropogenic disturbances of ecosystems. A digital elevation model with a spatial resolution of 3" is used to model the hydrographic network and catchments' borders. The article provides a detailed description of the methods for creating basic GIS layers using free software. The importance of GIS watersheds for the expert system is extremely high, since its principle is the prediction of unknown characteristics of lakes based on known ones. Due to the huge number of lakes, field data are available only for a limited number of objects, while the GIS contains information for all the catchments of all lakes in Karelia on a variety of physiographic and ecological parameters: the structure and dynamics of forest and marsh ecosystems determining the production of organic matter; anthropogenic disturbances; landscape context (relief, type of quaternary deposits).

**KEYWORDS:** geomatic modeling, boreal ecosystems, lakes, catchments, relief

# **ВВЕДЕНИЕ**

Экспертная система «Озёра Карелии» создаётся для классификации озёр, определения их трофического статуса и оценки водных и биологических ресурсов в условиях недостатка или отсутствия данных. Информационная основа системы включает ГИС озёр Карелии и базу данных по морфометрическим, гидрофизическим, гидрохимическим и гидробиологическим характеристикам нескольких сотен озёр. Экспертная система разрабатывается на основе методов искусственного интеллекта [Меншуткин и др., 2009].

До последнего времени практически единственной информацией о водосборе озёр, включённых в экспертную систему, была его площадь. Однако озёра в совокупности со своими водосборами представляют собой сложную природную систему. Связь водоёмов с их водосборами особенно высока в гумидной зоне — содержание аллохтонного органического вещества (ОВ) в большинстве озёр выше, чем автохтонного, выше и вариабельность его концентрации в различных водоёмах [Зобкова и др., 2017].

Основной источник образования аллохтонного ОВ — болота и лесная подстилка [Hongve et al., 2000; Lofts et al., 2001]. Образование, деструкция и транспорт ОВ зависят от типов растительности, почвы и гидротермических условий. Все эти факторы определяются типом биогеоценоза, и, таким образом, суммарный экспорт ОВ в озеро — функция пространственной структуры типов экосистем в пределах водосбора. Имеет также значение рельеф местности — при высоком среднем уклоне дождевые воды поступают в водоёмы с большей скоростью, насыщаясь при этом меньшими количествами ОВ. Экосистемы водосбора влияют и на приходную часть водного баланса — испарение поступающей с осадками воды зависит от типа и состояния растительного покрова, который, в свою очередь, меняется вследствие природных и антропогенных факторов.

Влияние водосборов ещё более усиливается в последние десятилетия в связи с потеплением климата и увеличением количества осадков озера [Калинкина и др., 2018]. Для более точного прогнозирования изменений химического состава речного стока необходимо понимание механизма его формирования на водосборной территории, для чего, в свою очередь, нужна информация о рельефе местности, пространственной структуре и динамике экосистем. Для решения этой задачи были начаты работы по созданию ГИС водосборов озёр Карелии.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Структура и динамика экосистем водосборов выявляется на основе глобального покрытия снимков Landsat (ftp://ftp.glcf.umd.edu/glcf/Landsat). Обработка снимков производится по оригинальной методике моделирования спектрального пространства [Литинский, 2018 а; б; Litinsky, 2018]. Принципиальное её отличие от традиционной управляемой классификации в том, что результат определяется объективным, измеряемым биофизическим параметром — положением экосистемы в спектральном пространстве снимка. Это обеспечивает критически важное в данном случае достоверное выделение различных автоморфных и гидроморфных местообитаний, а также разных типов и стадий антропогенных нарушений экосистем. Методика создания модели экосистем подробно изложена в указанных публикациях, находящихся в открытом доступе, и поэтому здесь не приводится.

Для моделирования рельефа и гидрографической сети используется цифровая модель высот (DEM) с пространственным разрешением 3 угловых секунды и 1 м по высоте (http://viewfinderpanoramas.org). Она не лишена отдельных ошибок, но тем не менее на её основе впервые стал возможен относительно точный расчёт линий аккумуляции стока, контуров водосборов, а также различных геоморфометрических характеристик. Все операции могут выполняться с использованием ГИС-пакетов открытого доступа GDAL, GRASS, SAGA. Далее приводится ряд bat-файлов, содержащих команды, необходимые для создания слоёв ГИС.

DEM формируется из отдельных фрагментов размером  $1\times1$  градус (.hgt), затем рассчитываются необходимые для получения контуров водосборов растры аккумуляции (acc) и направлений (dr) стока:

```
gdal_merge -o dem.tif n60e027.hgt . . . . n65e037.hgt
r.in.gdal i=dem.tif ou=dem -o --o
g.region rast=dem
r.watershed elev= dem acc=acc drainage=dr -s --o
```

При анализе растра acc в некоторых участках территории обнаруживаются ошибки, искажающие реальную структуру водотоков. Для их коррекции создается файл hcorr.shp с полигонами, описывающими виртуальные «плотины и каналы», которым и обрабатывается файл DEM:

```
gdal_rasterize hcorr.shp dem.tif -a H
```

После этого необходимо заново создать растры acc и dr (рисунок 1).

Для автоматического получения контуров водосборов озер и расчета площадей различных категорий экосистем в границах водосборов необходимо провести ряд операций. Сначала по модели высот dem.tif выделяются области нулевых уклонов (водные зеркала озер) и векторизуются в файл sO.shp:

```
gdaldem_slope dem.tif slope.tif -p -s 1.0
gdal_calc -A slope.tif --outfile=s0.tif --calc="A==0" --NoDataValue=0
gdal_polygonize s0.tif -f "ESRI Shapefile" s0.shp
```

В слое s0.shp выбираются полигоны, внутри которых находятся точки с координатами центроидов озёр экспертной системы. Идентификатору полигона присваивается значение кадастрового номера озера, остальные полигоны удаляются. Затем вокруг полигонов создаются буферные зоны шириной  $0.001^{\circ}$  (приблизительно один пиксел DEM), определяются точки пересечения буферной линии с линиями аккумуляции стока. Их координаты, а также значения acc и идентификаторы озёр записываются в файл out.txt:

```
saga\_cmd\ shapes\_tools\ 18\ -SHAPES=s0.shp\ -BUFFER=bu\ -DIST\_FIELD\_DEFAULT=0.001 ogr2ogr\ -nlt\ LINESTRING\ lbuf.shp\ bu.shp v.in.ogr\ i=lbuf.shp\ ou=lbuf\ -o\ -o v.to.rast\ input=lbuf\ output=wpoints\ use=attr\ attribute\_column=ID\ --o r.mapcalc\ expression="calc\ =if(wpoints>0\ \&\&\ acc>10000,wpoints,0)"\ -o r.null\ map=calc\ setnull=0 r.to.vect\ i=calc\ o=calc\ type=point\ -v\ --o r.what\ m=acc,calc\ p=calc\ s=space\ o=out.txt\ --o
```

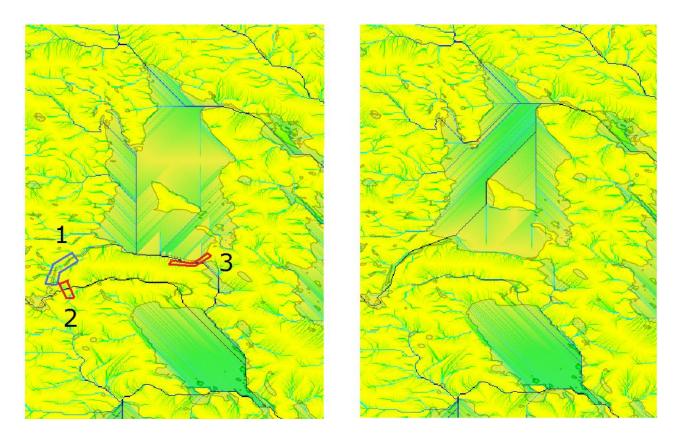


Рис. 1. Слева – исходный растр аккумуляции стока, справа – после корректировки DEM (1 – канал, 2, 3 – плотина, дамба)

Fig. 1. Left is the initial flow accumulation raster, right – after correction (1 – channel, 2, 3 – dam)

Из файла out.txt выбираются строки с наибольшим значением acc (наибольшей площадью водосбора) для каждого озера, используя, например Си-программу вида:

```
f = fopen("out.txt","r"); \ g = fopen("wp.txt","w"); \\ while(fscanf(f,"%lf %lf %d %d",&x,&y,&a,&n)!=EOF) \{ nk[n]=1; \} \\ for(i=0;i<9999;i++) \ if(nk[i]) \ nnk[j++]=i; \\ for(i=0;i<j;i++) \ \{ rewind(f); \ nn=0; \\ while(fscanf(f,"%lf %lf %d %d",&x,&y,&a,&n)!=EOF) \{ if(nnk[i]==n) \ if(a>nn) \ \{ nn=a; \ xx=x; \ yy=y; \} \\ \} fprintf(o,"%f %f %d \n",xx,yy,nnk[i]); \}
```

По координатам из файла wp.txt получаем сначала растр, затем вектор водосбора (рис. 2), экспортируем его в shp-файл, трансформируем в проекцию растра модели экосистем

(em.tif) — utm36/wgs84. Из растра вырезаются ограниченные водосбором фрагменты, рассчитываются их гистограммы, которые собираются в файл hist.txt:

```
for /f "tokens=1,2,3" %%i in (wp.txt) do (
r.water.outlet input=dr output=ou coordinates=%%i,%%j --o
r.to.vect input=ou output=ou type=area -s -v --o
v.out.ogr input=ou f=ESRI_Shapefile ou=w%%k.shp --o
ogr2ogr w%%k.shp b%%k.shp -s_srs EPSG:4326 -t_srs EPSG:32636
gdalwarp -q -cutline b%%k.shp -crop_to_cutline -dstnodata 0 em.tif _%%k.tif
gdalinfo -hist -nomd -noct _%%k.tif
)
findstr "<HistCounts>" *.xml >hist.txt
```

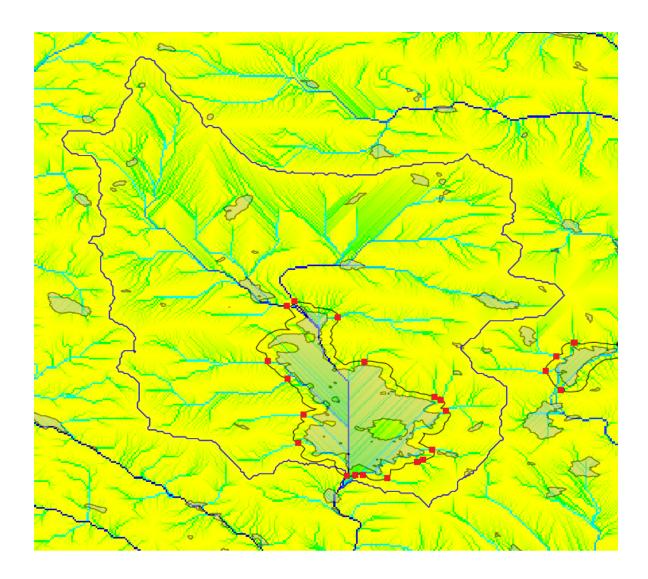


Рис. 2. Схема формирования водосборов озёр. Красные точки – пересечения буферной зоны береговой линии и линий аккумуляции стока Fig. 2. The scheme of creating catchments. Red points are the intersections of the buffer zone of the coastline and runoff accumulation lines

По гистограммам определяются площади каждой категории экосистем в пределах каждого водосбора.

Векторный слой гидрографической сети riv.shp образуется путём обработки растра аккумуляции стока:

```
r.mapcalc expression="riv=int(if(acc>5000,1))" --o
r.thin input=riv output=rivt --o
r.to.vect i=rivt ou=riv type=line -v -s --o
v.out.ogr input=a type=line ou=riv.shp -c -o
```

Полигоны озёр получены векторизацией соответствующей категории растра модели экосистем, который имеет несколько большее пространственное разрешение (30 м) и, соответственно, более точные границы береговой линии.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время ГИС охватывает территорию водосборов Онежского озера, небольшой части водосбора Ладожского озера и карельской части водосбора Белого моря (рис. 3).

В качестве примера рассмотрим бассейн реки Каменная, представляющий собой озерно-речную систему от Беломорско-Балтийского водораздела к Белому морю, до впадения в р. Чирка-Кемь (рис. 4). Фрагмент включает водосборы четырех озёр: Каменное, Ловозеро, Кимасозеро, Нюк.

Детальная визуализация рельефа и гидрографической сети способствует интуитивному пониманию процессов формирования стока. На верхней части рисунка показаны концентрации в воде озёр железа (основного маркера аллохтонного ОВ); данные приводятся по справочнику «Озёра Карелии» [2013]. Минимальное содержание Fe (0.01 мг/л) — в озере Каменном, с небольшим по размеру и сильно пересечённым водосбором, на котором преобладают сухие моренные, песчаные и скальные местообитания. Водосборы двух следующих ниже по течению озёр больше по площади, степень их заболоченности выше, а доля сухих местообитаний меньше, что приводит к резкому увеличению концентрации железа (0.14 и 0.27 соответственно).

Однако столь простые закономерности отмечаются далеко не всегда. Так, в четвёртом озере (Нюк) концентрация Fe снижается до 0.15 мг/л, несмотря на максимальную общую площадь его водосбора. Возможно, это связано с влиянием его притоков с относительно небольшой площадью их локальных водосборов и с большим объёмом воды в самом озере. Кроме того, одной точки взятия проб для столь крупного озера сложной формы явно недостаточно. Всё это свидетельствует о недостаточной изученности механизма формирования терригенного ОВ в озёрно-речных системах. Только детальное изучение всей пространственной структуры поверхностного стока с использованием данных ГИС водосборов может обеспечить понимание принципов функционирования сложной экосистемы «водосбор-озеро».

Водосборы различаются также по степени антропогенной нарушенности; на данной территории это прежде всего рубки леса (рис. 5). Вырубки приводят к снижению испарения с территории на 50–60 % [Крестовский, 1986] и, соответственно, к увеличению стока до 90 % [Bosch, Hewlett, 1982]. Затем, по мере возобновления леса, сток уменьшается до определённого минимума в период наибольшей транспирации в молодом древостое и далее несколько увеличивается к возрасту спелости [Карпечко, 2016]. Таким образом, в течение продолжительного времени на водосборе меняются условия формирования элементов водного баланса и химического состава стекающей воды [Карпечко, Бондарик, 2010; Ide et al., 2013]. Использование ГИС позволяет интегрировать пространственные данные с результатами натурных исследований водоёмов и водосборов с целью выявления информационных

связей и затем — функциональных зависимостей между характеристиками наземных и водных экосистем.

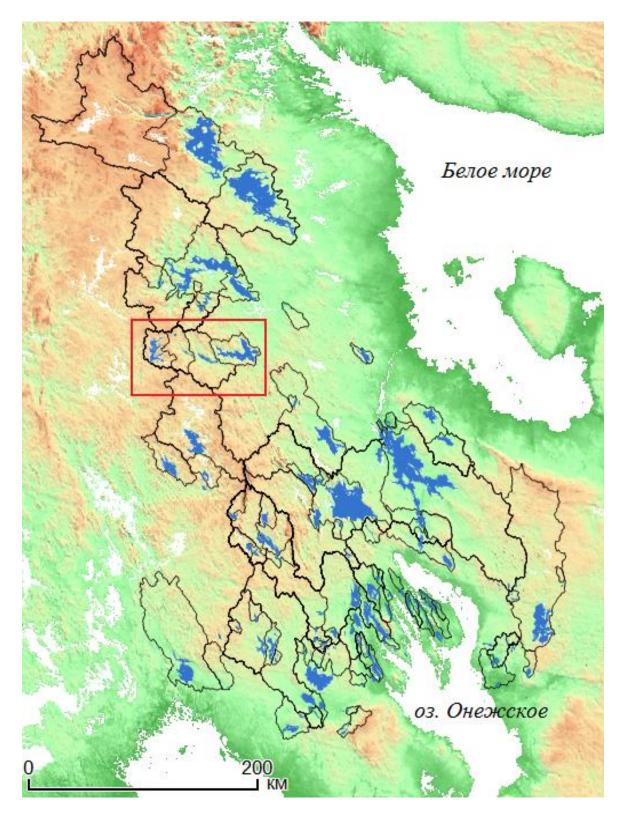


Рис. 3. Озёра, входящие в ГИС экспертной системы, и их водосборы Красный прямоугольник – границы рис. 4 Fig. 3. Lakes and catchments of the expert system. Red rectangle is the borders of fig. 4

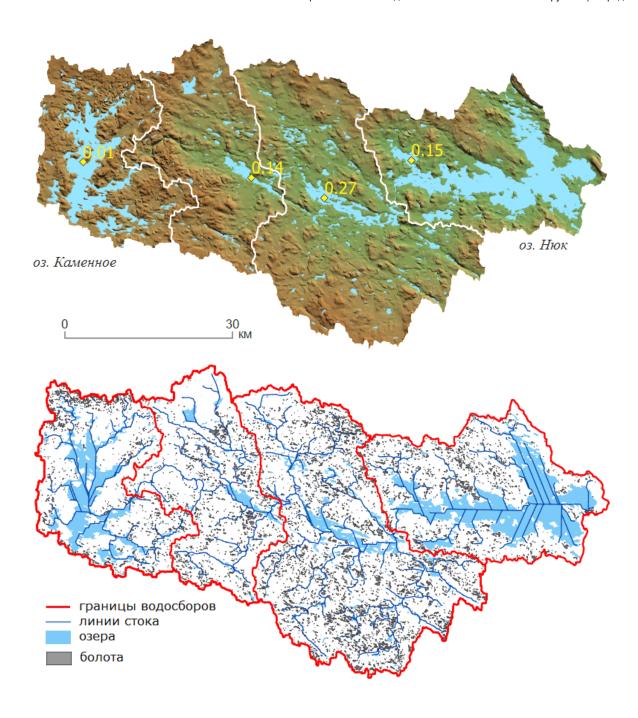


Рис. 4. Фрагмент основных ГИС водосборов – рельеф (вверху), заболоченность и гидрографическая сеть (внизу) Fig. 4. The fragment of the main GIS layers – relief (top) and hydrographic network (below)

Основанная на данных дистанционного зондирования ГИС позволяет выявлять не только структуру, но и динамику изменений экосистем водосборов. На снимках Landsat чётко идентифицируются леса, возникшие на вырубках 40—50-летней давности. Соответственно, по самым ранним снимкам 1980-х годов можно восстановить состояние лесов, предшествующее началу массовых заготовок леса в 1950-х годах и проявлений изменений климата, то есть близкое к естественному, «фоновому». Таким образом, данные ГИС являются исходной точкой мониторинга на будущие времена.

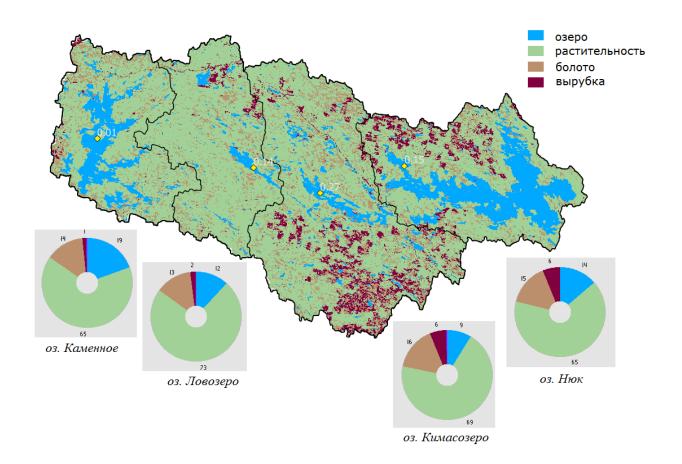


Рис. 5. Антропогенная нарушенность водосборов Fig. 5. Anthropogenic disturbance of watersheds

## выводы

Описанная методика позволяет выявить пространственную структуру экосистем водосборов и гидрографической сети изучаемой территории с недостижимой ранее детальностью и объективностью. Важность ГИС водосборов для экспертной системы исключительно высока, поскольку её принцип — прогнозирование неизвестных характеристик озёр, исходя из известных. Вследствие огромного количества озёр натурные данные имеются лишь для ограниченного количества объектов, тогда как ГИС содержит информацию для всех водосборов всех озёр Карелии по целому ряду физикогеографических и экологических показателей:

- структура и динамика лесных и болотных экосистем, определяющих продукцию ОВ и транспирацию;
  - антропогенные нарушения водосбора (вырубки), начиная с 1950-х годов;
- ландшафтный контекст (рельеф, тип четвертичных отложений: скалы, морена, пески, глины, торф);
- геоморфометрические данные, определяющие интенсивность поверхностного стока.

ГИС экосистем водосборов даёт пространственную основу для моделирования процессов формирования поверхностного стока от водоразделов по лесным и болотным экосистемам до водоёмов. Только таким способом можно прогнозировать изменения экспорта ОВ в условиях изменения климата, в частности, учитывая отдельно летний сток с лесных экосистем и зимний — с болот. С другой стороны, использование ГИС способствует

выявлению пробелов в гидрохимических данных и обеспечивает оптимальное планирование натурных исследований.

В ближайшее время планируется расширение территории ГИС в направлениях Кольского полуострова на севере, водосборов рек Онеги и Северной Двины — на востоке, имея в виду перспективную цель — включение ГИС в глобальную модель климатической системы Земли.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках Государственного задания Института водных проблем Севера КарНЦ РАН.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The work was carried out within the framework of the State task of the Northern Water Problems Institute KarRC RAS.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Зобкова М.В., Ефремова Т.А., Лозовик П.А., Сабылина А.В. Баланс органического вещества в озёрах Карелии. Озёра Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы 1-й Межд. конф. (11–15 сентября 2017 г.). Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2017. С. 358–364.
- 2. *Калинкина Н.М.*, *Филатов Н.Н.*, *Теканова Е.В.*, *Балаганский А.Ф*. Многолетняя динамика стока железа и фосфора в Онежское озеро с водами р. Шуя в условиях климатических изменений. Региональная экология, 2018. № 2 (52). С. 65–73. DOI:10.30694/1026-5600-2018-2-65-73.
- 3. *Карпечко Ю.В.* Влияние рубок на сток с лесопокрытой части водосбора Онежского озера. Труды КарНЦ РАН, 2016. № 5. С. 13–20. DOI:  $10.17076/\lim 285$ .
- 4. *Карпечко Ю.В., Бондарик Н.Л.* Гидрологическая роль лесохозяйственных и лесопромышленных работ в таёжной зоне Европейского Севера России. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2010. 225 с.
- 5. Крестовский О.И. Влияние вырубок и восстановления лесов на водность рек. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 118 с.
- 6. Литинский П.Ю. (а) 3D-модель спектрального пространства снимков Landsat как основа геоматической модели бореальных экосистем. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 2. С. 116–128. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-116-128.
- 7. *Литинский П.Ю.* (б) Пространственно-временная модель наземных экосистем водосбора Онежского озера. Труды КарНЦ РАН, 2018. № 3. С. 94–106. DOI: 10.17076/lim742.
- 8. *Меншуткин В.В., Филатов Н.Н., Потахин М.С.* Разработка экспертной системы «Озёра Карелии». Ч. 1. Порядковые и номинальные характеристики озёр. Водные ресурсы, 2009. Т. 36. № 2. С. 160-171.
- 9. Озёра Карелии. Справочник. Ред. Н.Н.Филатов, В.И. Кухарев. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. 464 с.
- 10. *Bosch J.M.*, *Hewlett J.D.* A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology, 1982. No 55. P. 3–23.
- 11. *Hongve D., Van Hees P.A.W., Lunstrom U.S.* Dissolved components in precipitation water percolated through forest litter. European Journal of Soil Science, 2000. No 51. Iss. 4. P. 667–677. 12. *Ide J., Finer L., Lauren A., Piirainen S., Launainen S.* Effects of clear-cutting on annual and seasonal runoff from a boreal forest catchment in eastern Finland. Forest Ecology and Management, 2013. V. 304. P. 482–491.

- 13. *Litinsky P*. Visualization of Landsat image spectral space as a method of boreal ecosystems geomatic modeling (on the example of Eastern Fennoscandia). Geoinformatics & Geostatistics: An Overview, 2018. V. 6. Iss. 3. DOI: 10.4172/2327-4581.1000183.
- 14. *Lofts* S., *Simon B.M.*, *Tiping E.*, *Woof C.* Modeling the solid-solution partitioning of organic matter in European forest soils. European Journal of Soil Science, 2001. No 52. P. 215–226.

## **REFERENCES**

- 1. *Bosch J.M.*, *Hewlett J.D.* A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology, 1982. No 55. P. 3–23.
- 2. *Hongve D., Van Hees P.A.W., Lunstrom U.S.* Dissolved components in precipitation water percolated through forest litter. European Journal of Soil Science, 2000. No 51. Iss. 4. P. 667–677.
- 3. *Ide J., Finer L., Lauren A., Piirainen S., Launainen S.* Effects of clear-cutting on annual and seasonal runoff from a boreal forest catchment in eastern Finland. Forest Ecology and Management, 2013. V. 304. P. 482–491.
- 4. *Kalinkina N.M.*, *Filatov N.N.*, *Tekanova E.V.*, *Balaganskij A.F.* Long-term dynamics of iron and phosphorus runoff into Onega Lake with Shuya River in conditions of climatic changing. Regional ecology, 2018. No 2 (52). P. 65–73. DOI:10.30694/1026-5600-2018-2-65-73 (in Russian).
- 5. *Karpechko Yu.V.* Influence of cuttings on the runoff from the forest-covered part of the catchment area of Onega Lake. Proceedings of the Karelian Scientific Center of RAS, 2016. No 5. P. 13–20. DOI: 10.17076/lim285 (in Russian).
- 6. *Karpechko Yu.V.*, *Bondarik N. L.* Hydrological role of forestry and forest-industrial works in the taiga zone of the European North of Russia. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2010. 225 p. (in Russian).
- 7. *Krestovskiy O.I.* Influence of logging and restoration of forests on the water content of rivers. Leningrad: Hydrometeo Publishing house, 1986. 118 p. (in Russian).
- 8. Lakes of Karelia. Reference book. Eds. N.N. Filatov, V.I. Kukharev. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2013. 464 p. (in Russian).
- 9. *Litinsky P*. (a) 3D model of the spectral space of Landsat images as the basis of the boreal ecosystems geomatic model. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2018. V. 24. Part 2. P. 116–128. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-2-24-116-128 (in Russian, abs English).
- 10. *Litinsky P*. (b) Spatial-temporal model of terrestrial ecosystems in the Onega Lake catchment. Proceedings of the Karelian Scientific Center of RAS, 2018. No 3. P. 94–106. DOI: 10.17076/lim742 (in Russian).
- 11. *Litinsky P*. Visualization of Landsat image spectral space as a method of boreal ecosystems geomatic modeling (on the example of Eastern Fennoscandia). Geoinformatics & Geostatistics: An Overview, 2018. V. 6. Iss. 3. DOI: 10.4172/2327-4581.1000183.
- 12. *Lofts* S., *Simon B.M.*, *Tiping E.*, *Woof C.* Modeling the solid-solution partitioning of organic matter in European forest soils. European Journal of Soil Science, 2001. No 52. P. 215–226.
- 13. *Menshutkin V.V., Filatov N.N., Potakhin M.S.* "Karelian Lakes" expert system: 1. Ordinal and nominal characteristics of lakes. Water Resources, 2009. V. 36. No 2. P. 148–159. DOI: 10.1134/S0097807809020031 (in Russian).
- 14. *Zobkova M.V.*, *Yefremova T.A.*, *Lozovik P.A.*, *Sabylina A.V.* Balance of organic matter in the lakes of Karelia. Lakes of Eurasia: problems and solutions. Proceedings of the 1<sup>st</sup> International conference (Sept. 11–15, 2017). Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, P. 358–364 (in Russian).



# КАРТЫ И ГИС ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ, ТУРИЗМА И СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

# MAPS AND GIS FOR EDUCATION, TOURISM AND CONSERVATION OF NATURAL AND CULTURAL HERITAGE

УДК: 908; 912.438; 912.411; 912.412; 913 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-271-287

О.И. Маркова1

ОБ УНИКАЛЬНОМ КУЛЬТУРНОМ ЛАНДШАФТЕ И ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ «УРОЧИЩЕ ВВЕДЕНСКОЕ-БОРИСОВКА» В НОВОЙ МОСКВЕ

## **АННОТАЦИЯ**

Наследие Новой Москвы при объединении территорий стало рассматриваться как наследие столицы. В Троицком административном округе, в поселении Первомайском с центром в посёлке Птичном, недалеко от деревни Кукшево находится деревня Введенское-Борисовка — сельское поселение с традиционным природопользованием, воссозданное на месте исчезнувшей деревни, в которой неоднократно являлись иконы Божией Матери. Храмовый комплекс, построенный с опорой на лучшие образцы древнерусского деревянного зодчества, гармонично вписан в природный ландшафт.

Традиционное сельскохозяйственное природопользование (включая пчеловодство) и культурный ландшафт, имеющие опору в старинных источниках, очень важны для сохранения традиционного образа территории, в том числе привлекательного для рекреантов.

С историческим урочищем соседствуют интересные объекты природного наследия орнитологическая территория «Малинки» и памятник природы регионального значения «Черноольховый лес», а также биогеоценологическая станция «Малинки», где с 1963 года осуществляются наблюдения, научные исследования и разные научные мероприятия. Станция с 1977 года входит в состав Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН. При образовании биостанции под руководством академика В.Н. Сукачёва были начаты природоохранные работы и сокращена хозяйственная деятельность в районе.

Деревня Введенское-Борисовка с храмовым комплексом, орнитологическая территория и биостанция «Малинки», памятник природы «Черноольховый лес» и окружающие территории сельскохозяйственного и лесохозяйственного

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* solntsevaolga1401@gmail.com

природопользования ещё до присоединения района к Москве были включены в схемы территориального планирования как ООПТ. Здесь сохранились участки реликтовой южной тайги, и эта территория является единственной полной первичной экосистемой в Новой Москве. Одним из вариантов названия ООПТ было название «Ключевая природная территория Пахринско-Деснинский 19-10». В настоящее время планы придания охранного статуса территории практически не реализуются.

В данном районе с 2012 года развивается незаконное строительство в виде нескольких коттеджных посёлков и проведённых к ним дорог. Дома и приусадебные участки в этих посёлках успешно реализуются. Таким образом, наблюдается выраженный конфликт природопользования. Подобная коммерческая деятельность должна быть прекращена для сохранения ценных природных и культурных ландшафтов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** культурный ландшафт, природное и культурное наследие, особо охраняемая природная территория, Новая Москва, крупномасштабные карты и планы

Olga I. Markova<sup>1</sup>

# ABOUT A UNIQUE CULTURAL LANDSCAPE AND ESPECIALLY PROTECTED NATURE TERRITORY "THE TRACT VVEDENSKOE-BORISOVKA" IN NEW MOSCOW

## **ABSTRACT**

The heritage of New Moscow when the territories were united, began to be regarded as the heritage of the capital. In the Troitsk Administrative District, in the settlement of Pervomaisky with a center in the village of Ptichnoye, not far from the village of Kukshevo, exist the village of Vvedenskoye-Borisovka – a rural settlement with traditional nature management, recreated on the site of the disappeared village, in which repeatedly appeared the icons of Mother of God. Traditional agricultural nature management (including beekeeping) and the cultural landscape, supported by ancient sources, are very important for preserving the traditional image of the territory, including attractive for recreants. The complex of temples, built on the best examples of Old Russian wooden architecture, is harmoniously integrated into the natural landscape.

Interesting natural heritage sites are adjacent to the historical natural boundary, the "Malinki" ornithological territory and the "Black Alder Forest" nature monument of regional importance, as well as the "Malinki" biogeocenological station, where observations, scientific research and various scientific events have been carried out since 1963. Since 1977, the station has been a part of the Institute of Ecology and Evolution of RAS named after A.N. Severtsov. In the formation of a biostation under the guidance of Academician V.N. Sukachyov environmental work began and economic activity in the area reduced.

The village of Vvedenskoye-Borisovka with a temple complex, the ornithological territory and the "Malinki biostation", the natural monument "Black-Alder Forest" and the surrounding territories of agricultural and forestry nature management even before the district joined Moscow were included in territorial planning schemes as PA. Here, sections of the relict southern taiga have been preserved, and this territory is the only complete primary ecosystem in New Moscow. One of the options for the name of the PA was the name "Key Natural Territory Pakhrinsko-Desninsky 19-10". Currently, plans to give the protection status of the territory are practically not implemented.

Since 2012, illegal construction has been developing in the area in the form of several cottage villages and roads to them. Houses and household plots in these villages are successfully

<sup>1</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskiye Gory 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* solntsevaolga1401@gmail.com

implemented. Thus, there is a pronounced conflict of nature management. Such commercial activities should be stopped to preserve valuable natural and cultural landscapes.

**KEYWORDS:** cultural landscape, natural and cultural heritage, especially protected nature area, New Moscow, large scale maps and plans

# **ВВЕДЕНИЕ**

В культурно-географическом районировании из 12 крупных российских регионов выделяется Московский узловой регион. Центрированность является одним из основных свойств русского культурного пространства, котором ярко выражена москвоцентричность. Столица России - главный политический, духовный и культурный центр, который задаёт культурные образцы и нормы для всей страны и обладает самыми фольклорно-символическими образами. Она представляет символический национальный продукт и формирует национальную картину мира [Калуцков, 2017; 2018].

Территория столицы России в 2012 году выросла почти в 2,4 раза, присоединив площадь 148 тыс. га с юго-западной стороны Москвы. Население всего мегаполиса выросло с 2012 по 2017 годы с 11612,9 до 12380,7 тыс. человек (то есть на 767,8 тыс. человек); при этом население Новой Москвы значительно моложе по сравнению с населением старых территорий [Махрова, Кириллов, 2018]. Значительная доля в увеличившемся населении принадлежит мигрантам [Нефёдова, 2018]. К 2035 году планируется увеличение населения Новой Москвы до 1,5 млн человек [Маркова, Масленникова, 2018].

Изучение культурных ландшафтов новых территорий необходимо, так как в скором времени этим территориям предстоит и уже происходит интенсивное развитие. Прежде всего развивается транспорт (в частности метро), происходит строительство, расширение и благоустройство дорог. Из бюджета Москвы на дорожно-транспортное строительство в 2018 и 2019 годах выделено по 100 млрд рублей; строится около 130 км дорог. В Новой Москве в ближайшие годы будет осуществляться строительство многоэтажных городских домов и произойдёт значительное увеличение населения и его плотности. До 2018 года население Новой Москвы уже выросло в среднем более чем на 40 % и достигло почти 359 тыс. человек. За счёт внебюджетных источников построено и введено в эксплуатацию более 13,6 млн м² недвижимости, в том числе 10,5 млн м² жилья. Инвестиции в строительство жилья и инфраструктуры превысили 870 млрд руб.¹ При этом структура вводимого жилья в Новой Москве изменилась с малоэтажной и коттеджной на многоэтажную как более выгодную экономически; тем не менее ещё велика роль мелких поселений с частной или малоэтажной застройкой [Нефёдова, 2018].

При общем разуплотнении населения Большой Москвы плотность населения Новой Москвы увеличилась более чем на 30 % (в Новомосковском АО – на 37 %). На удалённых территориях Троицкого АО в 8 муниципалитетах плотность населения выросла за 5 лет всего на 3–8 % и там преобладают сельские и дачные пейзажи и культурные ландшафты [Махрова, Кириллов, 2018]. Наблюдается поддерживающаяся властью тенденция сокращения типичных деревенских домиков в пользу расширения строительства коттеджей и таунхаусов; однако строительство каждого пятого коттеджного посёлка в Новой Москве заморожено, а всех проектов осталось 65 (2/3 от первоначального количества). На удалённых территориях девелоперы предлагают жильё загородного типа [Нефёдова, 2018]; эти территории планируются к развитию как рекреационная зона с малоэтажной жилой

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Зеневич О. Новой Москве: шесть лет: итоги и планы развития. Комплекс градостроительной политики и строительства города Москвы. 29 июня 2018 г. Электронный ресурс: https://stroi.mos.ru/articles/novoi-moskvie-shiest-liet-itoghi-i-plany-razvitiia (дата обращения 15.04.2019)

застройкой [Маркова, Масленникова, 2018], хотя формально сельская территория практически полностью утратила руральный статус и образ жизни [Митин, 2015].

Территория Новой Москвы сильно изменяется. Сформировавшимся за длительный период времени культурным ландшафтам при невнимании к ним могут угрожать трансформация и уничтожение; с другой стороны, привлечение столичных инвестиций может способствовать их сохранению и развитию рекреации и туризма. Это соответствует и международным тенденциям поддержки охраны культурного наследия для устойчивого развития городов¹.

В статье рассмотрен пример культурных ландшафтов на территории Новой Москвы: архитектурный комплекс деревянного зодчества Введенское-Борисовка, расположенный в непосредственной близости от памятника природы Черноольховый лес, орнитологической территории и биогеоценологической станции «Малинки» в Троицком АО, в поселении Первомайском с центром в посёлке Птичном, недалеко от деревни Кукшево.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологической основой изучения выбранных культурных ландшафтов послужило рассмотрение компонентной структуры культурного ландшафта (природная среда, сообщество людей, духовная культура). От природной среды зависит формирование определённого типа традиционного хозяйства. Сохранение даже в неполной форме традиционного хозяйства способствует поддержанию традиционной культуры в целом и других культурных компонентов. Сообщество людей может быть рассмотрено в разных аспектах; сообщество людей определённого культурного ландшафта связано с ним и воспринимает ландшафтную территорию как свою. Селитьба способствует формированию пространственной инфраструктуры. Любое селение представляет собой центр мировосприятия и миропонимания, источник формирования собственной картины мира с помощью родного языка, отражающейся в народной географической терминологии и топонимике. Духовная культура включает вопросы верований, ритуалов, фольклора. Язык и духовная культура — универсальные способы описания, сохранения и ретрансляции культурного ландшафта во времени и в пространстве [Калуцков, 2008].

Изучение выбранной территории Новой Москвы производилось с использованием литературных, картографических и Интернет-источников, материалов аэрокосмической съёмки и съёмки с БПЛА, собственных натурных наблюдений и фотосъёмки. Много материалов содержится на сайте Крестьянской оратайской школы (http://www.vvedenskoeborisovka.ru). Исследовалось также соседнее окружение, которое может влиять на состояние культурных ландшафтов.

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ Природные и культурные ландшафты

В рассматриваемом районе Новой Москвы находится ПТК с сохранившимся реликтовым массивом южной тайги, полянами, ручьями, родниками. Территория примечательна тем, что на ней сочетаются объекты как природного, так и культурного наследия. В лесной массив входят несколько памятников природы и культурные ландшафты.

Природные ландшафты рассматриваемых и окружающих территорий следующие (с севера на юг) [Анненская и др., 1997]:

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Новая программа развития городов. 71-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН. Организация Объединённых Наций, 2017. 38 с. Электронный ресурс: http://habitat3.org/wp-content/uploads/New-Urban-Agenda-GA-Adopted-68th-Plenary-N1646659-R.pdf (дата обращения 10.03.2019)

- 1) Волнисто-увалистые и мелкохолмистые, расчленённые, моренные и плоские, водноледниковые, свежие равнины (Москворецко-Битцевский). Сложные по истории развития и морфологии. Преобладают местности моренных равнин (60 %);
- слабоволнистые, волнистые, ступенчатые, 2) Плоские, наклонные, древнеаллювиально-водноледниковые, древнеаллювиальные и аллювиальные, свежие, влажные и сырые равнины. Пахринский ландшафт, наследующий крупную субширотную доюрскую пра-долину Пахры. Долинные зандры (55 % территории) с большим разнообразием входящих в их состав ПТК, богатой историей хозяйственного освоения, большим количеством природно-антропогенных комплексов;
- 3) Плоские и волнистые, озёрно-водноледниковые, свежие и влажные равнины. Моча-Пахринский ландшафт на фундаменте из юрских глин с прослоями песков, высотой 160-180 м, с преобладанием озёрно-водноледниковых равнин (40 %).

На территории примерно 80 % лесов, 20 % – полей, лугов, вырубок и пустырей. Леса состоят из 50-130-летних сосняков и ельников с берёзой и осиной, вторичных дубняков и липняков. Сами эти леса являются культурным ландшафтом. В дореволюционное время крестьяне получили их в аренду с условием посадки молодых деревьев того же вида на месте срубленных, и леса были обновлены более 100 лет назад [Силаева, Стриганова, www.sevin.ru].

Весь хорошо сохранившийся природно-территориальный комплекс площадью 2800 га по размеру не имеет себе равных в радиусе 25 км от МКАД. Статус неделимого заповедного имения утвердил для этой территории император Николай II в 1897 году по инициативе графа С.Д. Шереметева, проводившего здесь лесоустроительные работы. ПТК обладает значительным природоохранным и рекреационным потенциалом, на его территории выявлено около 160 видов животных, растений и грибов, занесённых в Красные книги Российской Федерации и Московской области (в настоящее время виды территорий Новой Москвы пока ещё остаются включёнными в Красную книгу Московской области): печёночница благородная, любка зеленоцветковая, баранец обыкновенный, гриб-баран, ежовик коралловидный, паутинник фиолетовый, малый ночной павлиний глаз, переливница большая, шашечница авриния, редкие муравьи, гребенчатый тритон, веретеница ломкая, прыткая ящерица, домовой сыч, зелёный, белоспинный и трёхпалый дятлы, барсук, различные рукокрылые, белка-летяга и другие.

# Памятник природы «Черноольховый лес»

В 1985 году по инициативе Института эволюционной морфологии и экологии

животных (предыдущее название Института проблем экологии и эволюции) образован памятник природы регионального значения «Черноольховый лес»<sup>1</sup>. Площадь его – 14 га, охранной зоны – 26 га. Протяжённость полосы приручьевого черноольхового леса составляет около 2 км [Тихонова, Кугай, 2017].

Основной лесообразующей породой здесь является ольха чёрная (Alnus glutinosa), которая в Москве и Подмосковье не имеет широкого распространения, так как этот вид хорошо растёт только на избыточно увлажнённых, богатых органическим веществом и азотом почвах, и любое нарушение гидрологического режима может вызвать резкое сокращение площадей черноольшаников, которые необходимо комплексно охранять. Преобладают ольховые деревья 60-70 лет, некоторые достигают 100 лет, всегда присутствует подрост. Вся флора памятника природы насчитывает 169 видов сосудистых растений (селезёночник, чистяк, калужница, таволга, гравилат, недотрога, звездчатка дубравная, сердечник, хмель) [там же].

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Памятник природы регионального значения «Черноольховый лес» (Москва). Особо охраняемая природная территория. Wikimapia. Электронный ресурс: https://wikimapia.org/29694033/ru/Памятник-природырегионального-значения-«Чёрноольховый-лес» (дата обращения 25.04.2019)

## Биогеоценологическая станция и орнитологическая территория «Малинки»

«Черноольховый лес» примыкает к биогеоценологической станции «Малинки», где с 1963 года осуществляются наблюдения и научные исследования около 15-ти институтов РАН и РАСХН и 4-х университетов, проходят практики студентов, школы молодых учёных, экскурсии для школьников. Станция создана для проведения исследований лаборатории биогеоценологии Биологического института АН СССР, а с 1977 года вошла в состав Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН (в то время Института эволюционной экологии и морфологии животных). При образовании биостанции под руководством академика В.Н. Сукачёва были начаты природоохранные работы, сокращена хозяйственная деятельность [Силаева, Стриганова, www.sevin.ru].

Самой большой охраняемой территорией является ключевая орнитологическая территория областного значения «Малинки» площадью 2500 га с разнообразием и богатством орнитофауны, наличием гнездящихся и концентрирующихся во внегнездовые сезоны регионально редких видов. Здесь обитают большой пёстрый, зелёный, седоголовый, чёрный, белоспинный дятлы, чёрный аист, кедровка, канюк, тетеревятник, чеглок, перепелятник, соловей, чечевица, дубонос, крапивник, пищуха, гаичка, поползень, большая синица, снегирь, чечётка, белая трясогузка, деревенская ласточка, серая мухоловка, мухоловка-пеструшка, зяблик, зеленушка, дрозд-белобровик, дрозд-рябинник, певчий дрозд, щегол, чиж, ворона, сойка, зарянка.



Рис. 1. Рукописная карта XIX века со структурой полей, прирусловыми лесами, фрагментами водораздельных лесов и прудом (предоставлена П.А. Кугаем) Fig. 1. Handwritten map of the XIX century with the structure of fields, river-bed forests,

## Урочище Введенское-Борисовка

Историческое урочище Введенское-Борисовка — восстановленное месторазвитие, кормящий вмещающий ландшафт<sup>1</sup>. Это типичная русская деревня с восстановленными архитектурными и хозяйственными компонентами, обладающая огромной духовной и этнологической ценностью, аналогов которой нет в Москве и Подмосковье.

Структура природопользования и природно-антропогенного ландшафта видна на старинной рукописной карте XIX века (рис. 1). Нарезка полей, лесные массивы, прирусловые лесополосы, пруд практически не изменились более чем за 100-летний период.

В XVIII веке сельцо принадлежало капитану Александру Васильевичу Демидову, чей отец служил обер-секретарём Сената, а внучатый племянник Дмитрий Алексеевич был мичманом экспедиции Ф.Ф. Беллинсгаузена, открывшей Антарктиду в 1820 году. Его именем названы мыс и остров в Антарктике и острова в Баренцевом море [Новая Москва..., 2014].

Урочище Введенское-Борисовка знаменито неоднократными явлениями икон Пресвятой Богородицы. Эти явления происходили на большой сосне у пруда в старину и даже в советское время (например, 4 декабря 1958 года явление местной крестьянке Марии Ивановне Никитиной) [Кугай А., www.vvedenskoe-borisovka.ru; Котова, 2013; Коточа, 2013]. Явлениям есть и документальные подтверждения. Наименование иконы отражено и в топонимике, в названии деревни. Однако современные жители окрестных селений, выросшие в советское время, называют деревню просто Борисовкой, хотя некоторые старожилы помнят о деревенском престольном празднике Введения во храм. В старину обретенная икона Введения во храм хранилась в часовне бывшей деревни. В советское время эта часовня была разорена, и сама деревня прекратила своё существование в середине XX века. Самая большая из реликтовых сосен была уничтожена.

На месте бывшей деревни находились земли госплемзавода «Первомайское», а окружающие природные ландшафты стали объектом изучения биостанции Малинки [Новая Москва, 2014].

Возрождение деревни началось с 1988 года; с 1999 года близ обнаруженного фундамента каменной часовни началось строительство деревянного храмового комплекса с опорой на выдающиеся образцы деревянного зодчества Русского Севера [Новая Москва..., 2014]. В его проектировании принимали участие архитекторы Е.А. Ополовникова, А.Б. Бодэ, Ю.Э. Саратовская и другие<sup>2</sup>,<sup>3</sup>. Храмы и другие строения включены в единый архитектурно-природный ансамбль. Единство ансамбля основано на сочетании архитектурного разнообразия с пространственным равновесием. Основу композиции составляет клетской с крутыми скатами высокой кровли храм Спаса Преображения и Казанской иконы Божией Матери (2000 год закладки). Чуть дальше от пруда расположена изящная церковь Введения во храм Пресвятой Богородицы с двумя стройными шатровыми завершениями. Часовня с высоким четвериком, крытым бочкой<sup>4</sup>, находится ближе к пруду, совсем рядом с раскидистой сосной. Здесь же, у пруда, высится небольшая пятистолпная колокольня с шатровым завершением. Древними аналогами русского северного деревянного зодчества для проектирования храмового комплекса

<sup>2</sup> Архитектурно-природный ансамбль урочища Введенское-Борисовка. Электронный ресурс http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/project/album.php (дата обращения 24.05.2019)

<sup>4</sup> Бочка — в русской традиции тип крыши сложной конфигурации в форме незамкнутого цилиндра или полуцилиндра с повышенным и заострённым верхом, в результате чего на фасаде образуется килевидный фронтон, напоминающий храмовую главу — «луковицу» в разрезе

 $<sup>^1</sup>$  Забытая Россия: урочище Введенское-Борисовка. Мой Московский. Электронный ресурс: http://mymsk.ru/topic/53039/ (дата обращения 01.06.2019)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Спасти Московские Кижи // Русский Дом, 2014. № 7. Электронный ресурс: http://www.russdom.ru/node/7781 (дата обращения 24.05.2019)

послужили Преображенская церковь погоста Спас-Вежи музея Костромского Ипатьевского монастыря, Васильевская церковь костромского села Шохна, крыльцо Успенского собора в Кеми (Карелия), Казанская церковь Илимского острога из Иркутского архитектурноэтнографического музея «Тальцы» [Савкин, 2012].

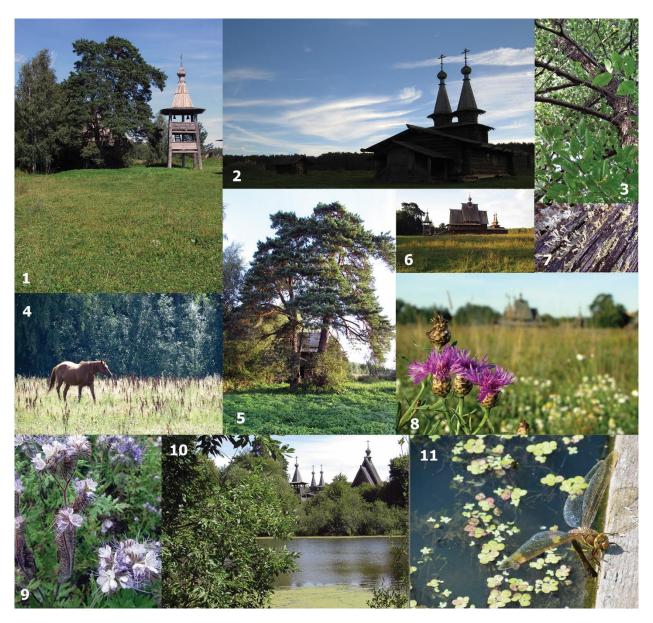


Рис. 2. Элементы культурного ландшафта урочища Введенское-Борисовка (фото О.И. Марковой):

1) Колокольня и памятная сосна; 2) Церковь Введения во храм Пресвятой Богородицы; 3) Ольха чёрная; 4) Разнотравный луг для выпаса животных; 5) Реликтовые сосны; 6) Храм Преображения Господня; 7) Лишайники на дереве; 8) Василёк луговой в ландшафте; 9) Фацелия пижмолистная – медонос, культивируемый пчеловодами; 10) Вид на комплекс деревянных строений со стороны пруда; 11) Стрекоза у пруда

Fig. 2. Items of cultural landscape of the tract Vvedenskoe-Borisovka (photo by O.I. Markova):

1) Bell tower and memorial pine; 2) Church of the Entry into the temple of Holy Mother of God; 3) The black alder; 4) The mixed grass meadow for the grazing of animals; 5) Relict pines; 6) Church of the Transfiguration of Christ; 7) Lichens on the tree; 8) Cornflower in the landscape; 9) Phacelia tanacetifolia – honey plant cultivated by beekeepers; 10) View of the complex of wooden buildings from the pond; 11) Dragonfly near the pond



a, a



б, b

Рис. 3. Снимки урочища с БПЛА:

- а) Преображенско-Казанский (на переднем плане) и Введенский храмы в культурном ландшафте урочища (снимок с сайта Мой Московский: http://my-msk.ru/topic/53039/);
  - б) Культурный ландшафт урочища до начала строительства таунхаусов (снимок из статьи К. Савкина, 2012)

Fig. 3. Images of the tract from the UAV:

a) Preobrazhensky-Kazansky (in the foreground) and Vvedensky temples in the cultural landscape of the natural boundary

(image from the site My Moscow: http://my-msk.ru/topic/53039/);

b) The cultural landscape of the tract before the construction of townhouses (image from the article by K. Savkin, 2012)

В состав ПТК с 1989 года входит учебно-практическая база Крестьянской оратайской школы<sup>1</sup> по подготовке специалистов по специализации «пчеловодство» и другим сельскохозяйственным специальностям [Кугай, 2011; 2012, www.vvedenskoe-borisovka.ru; Новая Москва..., 2014].

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Крестьянская оратайская школа. Электронный ресурс: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru (дата обращения 24.05.2019)

Элементы традиционного культурного ландшафта отражены на серии фотографий, в том числе с БПЛА (рис. 2, 3).

# Перспективы развития и конфликты природопользования

Департамент развития новых территорий Москвы считает возможным создание на базе урочища Введенское-Борисовка и биогеоценологической станции Малинки значительного по площади природного парка с этнографической деревней [Маркова, Масленникова, 2018].

Природные комплексы постоянно подвергаются антропогенному воздействию, но особенную опасность представляет незаконная застройка (рис. 4). В 2012–2013 годах ОАО «Керамо» через особо охраняемую зелёную территорию (непроезжий лес и чистое поле) противоправно проложена дорога под видом реконструкции («навечно» отчуждено 2 гектара). Урочище незаконно застраивается коттеджами и таунхаусами, в том числе на территории охранной зоны (отчуждён участок площадью 7 гектаров для строительства 30 таунхаусов напротив храмов на линии противотанковых рвов обороны Москвы 1941 года) [Бондарева, 2014]. Часть деревянного ансамбля противозаконно снесена. Уничтожены зерновые, травы, медоносы, кустарники, деревья, местообитания краснокнижных видов, в том числе гнездовья птиц. В результате строительства произошло загрязнение почвы, ручьев и озёрных вод ООЗТ¹. На космическом снимке видно, насколько неестественно выглядит комплекс таунхаусов, буквально «вторгшийся» в традиционный ландшафт (особенно по сравнению с фото на рис. 3 б).



Рис. 4. Урочище Введенское-Борисовка после начала строительства таунхаусов. Перспективный снимок Google.

- а) Храмовый комплекс деревянного зодчества; б) Пруд;
  - в) Пасека; г) Коттеджный посёлок «Каменка Таун»

Fig. 4. The tract Vvedenskoye-Borisovka after the start of construction of townhouses. Google perspective image.

- a) Temple complex of wooden architecture; b) Pond;
- c) Apiary; d) Cottage settlement "Kamenka Town"

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Нас уничтожают. Правовой беспредел в Новой Москве. Электронный ресурс: http://www.vvedenskoeborisovka.ru/news/0001.php (дата обращения 24.05.2019)



Рис. 5. Фрагмент карты землеустройства госплемзавода «Первомайское» с границами участка кооператива «КОШ» (Крестьянская оратайская школа) по договорам 2000 и 2003 годов Fig. 5. Fragment of a map of land management at the state breeding factory "Pervomayskoye" with the boundaries of the site of the cooperative "POS" (Peasant oratay school) under the contracts of 2000 and 2003

Таким образом, на территории наблюдается типичный конфликт между традиционным и современным коммерческим строительным природопользованием [Красовская и др., 2003; Евсеев, Красовская, 2004; Панкеева и др., 2018].

Правовые вопросы территориальных владений отражены на карте землеустройства (рис. 5).

В настоящее время на месте погибшей сосны установлен Поклонный крест и посажена молодая, быстро растущая сосна.

Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН при поддержке широкой общественности и известных деятелей науки и культуры выступает с инициативой создания в границах ПТК государственного природного заказника, который позволил бы продолжить многолетние наблюдения за динамикой природных экосистем, мониторинг и прогнозирование экологической обстановки в столичном мегаполисе, сохранить природное, этно-культурное и духовное национальное достояние [Тихонова, Кугай, 2017].

Весь ценный природный ландшафт в Троицком округе Москвы площадью около 3000 га ещё до присоединения территорий к столице включён в схемы территориального планирования Московской области и развития и размещения ООПТ в Московской области в статусе «Ключевой природной территории Пахринско-Деснинский 19-10» и «Черноольховый лес», «Малинки» (постановления Правительства МО №517/23 от

11.07.2007 и №106/5 от 11.03.2009). Он представляет собой уникальный лесной массив с сохранившимися участками реликтовой южной тайги, выявленными здесь более 50 краснокнижными видами животных и растений, и является единственной полной первичной экосистемой в Новой Москве<sup>1</sup>.

На этой территории расположены:

- памятник природы «Черноольховый лес» (решение Мособлисполкома от 19.09.85 г. № 1519/27);
  - орнитологическая территория «Малинки» (MO-061, 55° с.ш., 37°13'27" в.д.);
- биогеоценологическая станция «Малинки» на базе лаборатории имени В.Н. Сукачёва Института проблем экологии и эволюции;
- уникальный храмовый комплекс на месте явлений иконы Божьей Матери, созданный кооперативом «КОШ»;
- учебно-практическая база Крестьянской оратайской школы по подготовке специалистов по сельскохозяйственным специальностям, включая пчеловодство.

Границы планируемого заказника и конфликт природопользования, выраженный в незаконном строительстве дороги и таунхаусов, представлены в геоинформационном сервисе и отражены на рис.  $6^2$ .

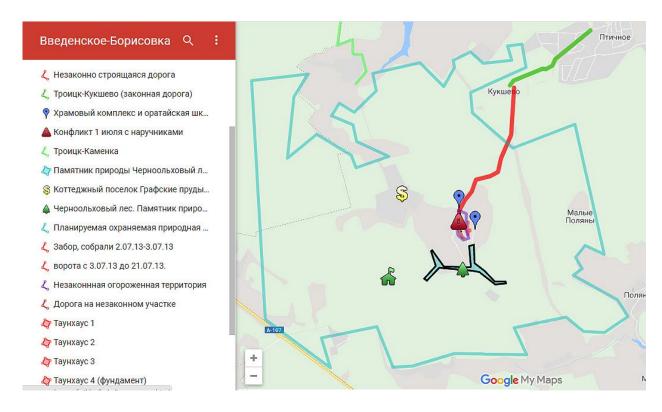


Рис. 6. Отражение границ планируемой ООЗТ и территории конфликта природопользования в окне ГИС Fig. 6. Reflection of the boundaries of the planned SPGT and territories of nature management conflict in the GIS window

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Урочище Введенское-Борисовка — планируемая к расширению особо охраняемая природная территория. Крестьянская оратайская школа. Электронный ресурс http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/project/park.php (дата обращения 29.05.2019)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Введенское-Борисовка. Google Мои карты. Электронный ресурс: https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1ModuOiXPAP5t5TzoDpZAetvhdo&msa=0&ll=55.47214036296269%2C37.166490291015634&z=1 3 (дата обращения 27.05.2019)

Следует отметить, что «Каменка-Таун» (или «Рависсант-Каменка») единственный коттеджный посёлок, расположенный на территории планируемой ООЗТ. «Графские пруды» – посёлок Премиум-класса площадью 65 га, цены продаваемых участков в котором составляют от 13–15 млн руб. за 20 соток земли, а коттеджей с участками около 40-50 соток - от 65 млн руб. и намного выше<sup>1</sup>. Основная часть коттеджей и участков в посёлке уже продана; покупателей привлекают экологической чистотой, близостью к лесу, в том числе и тем, что 20 % площади посёлка занимают лесные деревья.

Неподалёку от «Графских прудов» находится ещё один коттеджный посёлок Премиум-класса – «Графский лес». Его площадь составляет 32 га, количество участков площадью от 16 до 80 соток – 105, из которых свободными остались только 3 площадью от 19 до 27 соток (ценой от 18,5 до 33 млн руб., то есть выше, чем в «Графских прудах»)<sup>2</sup>.

Между «Графскими прудами» и «Рависсант-Каменкой» планируется постройка ещё одного коттеджного посёлка, называемого также «Графский лес», что сомкнёт коттеджную застройку и сделает её ещё более «давящей» на природную среду и традиционное землепользование будущего заказника.

На территорию планируемой ООПТ также попадают СНТ «Поляны» (в последние годы огороженные высоким забором с КПП) и «Радуга» – садовые некоммерческие товарищества гораздо меньшей площади, чем вышеупомянутые коттеджные посёлки, и огороженная частная территория бывшего пионерлагеря «Юный Ильичёвец».



Рис. 7. Снимок с БПЛА и генеральный план коттеджного посёлка «Графские пруды» (зелёным цветом показаны свободные участки, красным – проданные). Материалы официального сайта КП (www.grafskiye-prudy.ru/doma) Fig. 7. An UAV image and the master plan of the cottage village "Count Ponds" (green areas indicate free lots, red – sold). Materials of the CV official website (www.grafskiye-prudy.ru/doma)

# выводы

В результате проведённых исследований определены компоненты выбранных культурных ландшафтов, поддерживающие и угрожающие факторы их существования.

Сельскохозяйственные и природоохранные ландшафты уникальны, создавались в течение длительного времени и заслуживают сохранения для будущих поколений. Современный культурный ландшафт Введенского-Борисовки имеет ценность как пример традиционного русского культурного ландшафта с духовной историей, включающего в

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Графские пруды. Коттеджный посёлок. Электронный ресурс: http://www.grafskiye-prudy.ru/doma (дата обращения 24.05.2019)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Графский лес. Коттеджный посёлок. Электронный ресурс: http://www.grafskiyles-poselok.ru/ (дата обращения 24.05.2019)

себя природно-хозяйственные и архитектурные элементы, созданные с опорой на лучшие образцы русского деревянного зодчества.

Большую ценность представляют также природные и связанные с изучением природы объекты: орнитологическая территория, мониторинговые площадки и биостанция «Малинки» (последняя имеет глубокие научные традиции), памятник природы регионального значения «Черноольховый лес».

Придание охранного статуса урочищу Введенское-Борисовка — важный шаг в сохранении природного и культурного наследия на данной территории Новой Москвы. Рассматриваемые территории обладают также большим рекреационным потенциалом, что создаёт перспективы развития новых районов столицы. Возрождение традиционных сельских поселений на данной территории поможет воссоздать традиционный образ жизни, приспособив её для охраны не только природных, но и культурных ландшафтов.

Однако развитая и продолжающаяся развиваться в районе коттеджная застройка с тенденцией к расползанию коттеджных посёлков отчуждает территории лесов и традиционных культурных ландшафтов и привносит территориям чуждый облик. Возник конфликт природопользования, который будет усугубляться с освоением новых территорий под коттеджную застройку. Необходимо ограничить застройку и прекратить наступление на ценные культурные и природные ландшафты.

Небольшие садовые товарищества, расположенные на территории проектируемой OO3T, таких конфликтов не вызывают.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность за предоставленные материалы и помощь в проведении исследований семье Кугаев: Александру Петровичу, Петру Александровичу и Павлу Александровичу, создателей и представителей Крестьянской оратайской школы.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The author is grateful for the provided materials and assistance in conducting the research to Alexandre P. Kugay, Pyotr A. Kugay, Pavel A. Kugay, creators and representatives of the Peasant oratay school.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Анненская Г.Н., Жучкова В.К., Калинина В.Р., Мамай И.И., Низовцев В.А., Хрусталёва М.А., Цесельчук Ю.Н. Ландшафты Московской области и их современное состояние. Смоленск: Издательство Смоленского гуманитарного университета, 1997. 296 с.
- 2. Бондарева Н. Урочище Введенское-Борисовка. Храмовый комплекс. 2014. Электронный ресурс: http://nataturka.ru/muzey-usadba/urochishhe-vvedenskoe-borisovka.html (дата обращения 23.05.2019).
- 3. *Евсеев А.В., Красовская Т.М.* Современные конфликты природопользования на Севере России. Проблемы геоконфликтологии. Т. 2. М.: Пресс-Соло, 2004. С. 276–294.
- 4. Калуцков В.Н. Ландшафт в культурной географии. М.: Новый хронограф, 2008. 320 с.
- 5. *Калуцков В.Н.* О центрированности русского культурного пространства. Современные методы и подходы в изучении традиционной народной культуры: к юбилею Юрия Александровича Новикова. Из истории русской фольклористики. Т. 10. СПб: Своё издательство, 2018. С. 212–225.
- 6. *Калуцков В.Н.* Подходы к культурно-географическому районированию России. Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития: материалы XII Международной ландшафтной конференции, Тюмень-Тобольск, 22-25 августа 2017 г. Тюмень: Издательство Тюменского гос. университета, 2017. Т. 2. С. 253–257.

- 7. *Котова О.И.* Картографирование памятных деревьев святых мест России и Ближнего Зарубежья. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Т. 19. Курск, 2013. С. 158–171.
- 8. *Красовская Т.М., Котова О.И., Горелова М.А.* Методика создания карт конфликтов природопользования для севера Европейской части России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Т. 9. Севастополь—Новороссийск, 2003. С. 386–390.
- 9. *Кугай А*. По благословению старцев архимандрита Иоанна (Крестьянкина) и протоиерея Николая Гурьянова. Крестьянская оратайская школа. Электронный ресурс: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/publications/1.php (дата обращения 25.05.2019).
- 10. *Кугай П*. О необходимости крестьянского воспитания. Доклад на научно-практической образовательной конференции «Православная русская школа: традиции, опыт, возможности, перспективы» 2– 8 мая 2011 года. Крестьянская оратайская школа. Электронный ресурс: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/ publications/3.php (дата обращения 25.05.2019).
- 11. *Кугай*  $\Pi$ . О целесообразности преподавания пчеловодства в средней школе. Доклад на научно-практической образовательной конференции «Православная русская школа: традиции, опыт, возможности, перспективы» 12–15 мая 2012 года. Крестьянская оратайская школа. Электронный ресурс: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/publications/4.php (дата обращения 25.05.2019).
- 12. *Маркова О.И., Масленникова В.В.* Ценность присоединённых к Москве в 2012 году территорий и возможности их оптимизации для устойчивого развития. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Т. 24. Ч. 1. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. С. 86–98. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-86-98.
- 13. *Махрова А.Г., Кириллов П.Л.* Новая Москва: старые и новые черты социальноэкономического развития. Старая и Новая Москва: тенденции и проблемы развития. Сб. науч. статей. М.: Изд. ИП Матушкина И.И. С. 89-119.
- 14. *Митин И.И.* Новая Москва: конструирование нового локального дискурса. Лабиринт. Журнал социально-гуманитарных исследований, 2015. № 2. С. 71–82.
- 15. *Нефёдова Т.Г.* Новая Москва за пределами её городов. Старая и Новая Москва: тенденции и проблемы развития. Сб. науч. статей. М.: Изд. ИП Матушкина И.И. С. 184–218. 16. Новая Москва: Путеводитель по Троицкому и Новомосковскому округам. М.: Центр культурных инициатив Новой Москвы, 2014. 340 с.
- 17. Панкеева Т.В., Каширина Е.С., Панкеева А.Ю. Методические аспекты изучения конфликтов природопользования побережья. Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология, 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 151–163.
- 18. *Савкин К*. Былинное урочище Подмосковья. Архитектурный Вестник, 2012. № 6 (129). Электронный ресурс: https://archi.ru/press/russia/49203/bylinnoe-urochische-podmoskovya (дата обращения 25.05.2019).
- 19. Силаева О.Л., Стриганова Б.Р. «Малинки» биостанция ИПЭЭ РАН. Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова. Электронный ресурс: http://www.sevin.ru/menues1/index\_rus.html?../sta tions/malinki\_lab.html (дата обращения 01.06.2019).
- 20. *Тихонова Е.В., Кугай П.А.* Памятник природы Черноольховый лес в Новой Москве. Разрушение исторического заповедника. Экологический атлас России. М.: ООО «Феория», 2017. С. 474–475.
- 21. Kotova O.I. Memorial plants in the history of the Orthodox Church in Russia and the Near Abroad and the map of them. CEGeoIC 2013. International Conference on Geo- and

Environmental Information and Communication, Bogota, Feb. 6–8, 2013. Proceedings. CODATA Germany, 2013. P. 111–114.

## REFERENCES

- 1. Annenskaya G.N., Zhuchkova V.K., Kalinina V.R., Mamay I.I., Nizovtsev V.A., Khrustalyova M.A., Tsesel'chuk Yu.N. Landscapes of the Moscow region and their current state. Smolensk: Publishing House of Smolensk Humanitarian University, 1997. 296 p. (in Russian).
- 2. *Bondareva N*. The tract Vvedenskoe-Borisovka. The complex of temples. 2014. Web resource: http://nataturka.ru/muzey-usadba/urochishhe-vvedenskoe-borisovka.html (accessed 05.23.2019) (in Russian).
- 3. *Evseev A.V.*, *Krasovskaya T.M.* Modern nature management conflicts in the North of Russia. Problems of geoconflictology. V. 2. Moscow: Press Solo, 2004. P. 276–294 (in Russian).
- 4. *Kalutskov V.N.* About the centering of Russian cultural space. Modern methods and approaches to the study of traditional folk culture: On the anniversary of Yuri Alexandrovich Novikov. From the history of Russian folklore. V. 10. St. Petersburg: Our publishing house, 2018. P. 212–225 (in Russian).
- 5. *Kalutskov V.N.* Approaches to the cultural geographical regionalization of Russia. Landscape science: theory, methods, landscape-ecological support of nature management and sustainable development: Proceedings of the XII International landscape conference, Tyumen–Tobolsk, August 22–25, 2017. Tyumen: Tyumen State University publishing house, 2017. V. 2. P. 253–257 (in Russian).
- 6. *Kalutskov V.N.* Landscape in Cultural Geography. Moscow: New chronograph, 2008. 320 p. (in Russian).
- 7. *Kotova O.I.* Mapping memorable trees of the holy places of Russia and the Near Abroad. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience: Proceedings of the International conference. V. 19. Kursk, 2013. P. 158–171 (in Russian, abs English).
- 8. *Kotova O.I.* Memorial plants in the history of the Orthodox Church in Russia and the Near Abroad and the map of them. CEGeoIC 2013. International Conference on Geo- and Environmental Information and Communication, Bogota, Feb. 6–8, 2013. Proceedings. CODATA Germany, 2013. P. 111–114.
- 9. *Krasovskaya T.M.*, *Kotova O.I.*, *Gorelova M.A.* Methodology for creating environmental management conflict maps for the north of the European part of Russia. InterCarto. InterGIS. GIS for the sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. T. 9. Sevastopol–Novorossiysk, 2003. P. 386–390 (in Russian, abs English).
- 10. *Kugay A*. With the blessing of the elder archimandrite Ioann (Krestyankin) and archpriest Nikolai Guryanov. Peasant Oratay School. Web resource: http://www.vvedenskoeborisovka.ru/publications/1.php (accessed 25.05.2019) (in Russian).
- 11. *Kugay P*. On the appropriateness of teaching beekeeping in high school. Report at the scientific-practical educational conference "The Orthodox Russian School: Traditions, Experience, Opportunities, Prospects" May 12–15, 2012. Peasant Oratay School. Web resource: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/publications/4.php (accessed 25.05.2019) (in Russian).
- 12. *Kugay P*. On the need for peasant education. Report at the scientific-practical educational conference "The Orthodox Russian School: Traditions, Experience, Opportunities, Prospects" May 2–8, 2011. Peasant Oratay School. Web resource: http://www.vvedenskoe-borisovka.ru/publications / 3.php (accessed 25.05.2019) (in Russian).
- 13. *Makhrova A.G.*, *Kirillov P.L.* New Moscow: old and new features of socio-economic development. Old and New Moscow: trends and problems of development. Collection of scientific articles. Moscow: IE Matushkina I.I. Publishing. P. 89–119 (in Russian).
- 14. *Markova O.I.*, *Maslennikova V.V.* Value of territories connected with Moscow in 2012 and opportunities of their optimization for sustainable development. InterCarto. InterGIS.

Geoinformational support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. V. 24. Part 1. Petrozavodsk: Karelian Science Center of RAS, 2018. P. 86–98. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-86-98 (in Russian, abs English).

- 15. *Mitin I.I.* New Moscow: constructing a new local discourse. Labyrinth. Journal of Social and Humanitarian Studies, 2015. No 2. P. 71–82 (in Russian, abs English).
- 16. *Nefyodova T.G.* New Moscow outside its cities. Old and New Moscow: trends and problems of development. Collection of scientific articles. Moscow: IE Matushkina I.I. Publishing. P. 184–218 (in Russian).
- 17. New Moscow: Guide to the Troitsky and Novomoskovsky districts. Moscow: Center for Cultural Initiatives in New Moscow, 2014. 340 p. (in Russian).
- 18. Pankeeva T.V., Kashirina E.S., Pankeeva A.Yu. Methodological aspects of the study of environmental management conflicts of the coast. Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky. Geography. Geology, 2018. V. 4 (70). No 3. P. 151–163 (in Russian).
- 19. *Savkin K*. Epic tract of the Moscow region. Architectural Bulletin, 2012. No 6 (129). Web resource: https://archi.ru/press/russia/49203/bylinnoe-urochische-podmoskovya (accessed 25.05.2019) (in Russian).
- 20. *Silaeva O.L.*, *Striganova B.R.* "Malinki" biological station of IPEE RAS. Institute of Problems of Ecology and Evolution named after A.N. Severtsov. Web resource: http://www.sevin.ru/menues1/index\_rus.html?../stations/malinki\_lab.html (accessed 01.06. 2019) (in Russian).
- 21. *Tikhonova E.V.*, *Kugay P.A*. Monument of nature Black-Elk Forest in New Moscow. Destruction of the historical reserve. Ecological Atlas of Russia. Moscow: LLC "Feoriya", 2017. P. 474–475 (in Russian).

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-288-296

## Jean A. Doumit1

# STRUCTURE FROM MOTION TECHNOLOGY FOR HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELING OF TORON FORTRESS (LEBANON)

## **ABSTRACT**

Structure from motion (SFM) algorithms greatly facilitates the production of detailed 3D models from photographs we applied this technology for the purposes of Building Information Modeling (BIM) of a historic fortress in Lebanon. Aerial and terrestrial imagery processed in SFM-based software for exterior and interior 3D modeling of the fortress.

In this paper, we applied new geospatial technologies, aerial and terrestrial photogrammetry for Historic Building Information Modeling HBIM database construction. The UAV used for aerial photogrammetry, a DJI Phantom 4 pro with a camera of 20 megapixels for building facades capturing and a DSLR camera for the terrestrial photogrammetry inside the fortress.

Aerial and terrestrial images processed in Agisoft Photoscan for the construction of Toron fortress HBIM of a block Geographical Information System constituted from points cloud, Digital Surface Models (DSM) and Digital Ortho Models (DOM).

HBIM is a novel prototype library of parametric objects, based on historic architectural and archeological data and a system for mapping parametric objects on to point clouds database.

As a result, the production of Toron fortress HBIM database containing Geographical Information Systems (GIS) and Computer Aided Design (CAD) features and entities in the form of sections plans and 3D models for both the analysis and conservation of historic objects, structures, and environments.

**KEYWORDS:** HBIM, SFM, Photogrammetry, 3D modeling, parametric objects

## **INTRODUCTION**

The terms heritage BIM, Historic Building Information Modelling, HBIM will be used throughout this publication when referring to any use of BIM for heritage and archaeology.

Nowadays, information about historic buildings and archaeological sites is not only represented as, reports, drawings, computer-aided design in CAD; 2D or 3D, but with new geospatial technologies datasets as point clouds, 3D triangulated irregular networks (TIN), Digital Surface Models (DSM) and Digital Ortho Models (DOM).

Unfortunately, geospatial technologies still unknown and inapplicable from a huge number of architects and archeologists and till now it is not added to academicals educational courses. Only organizations dealing with a large portfolio of historic assets are using different types of geospatial systems such as asset management system, facilities management system and geographical information system (GIS). As HBIM is capable of incorporating both qualitative and quantitative information about a built asset to represent physical and functional characteristics, which could be integrated into a 3D model allowing information extraction.

By incorporating high-quality digital survey datasets, HBIM represents the appearance of the existing historic fabric and allows the exploration and complex analysis of several applications such as conservation planning, maintenance, heritage management, and interpretation.

The advantages of 3D geospatial dataset like point clouds for HBIM are significant because of their large volumes and high-resolution gives the possibility to generate realistic 3D models.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lebanese University, Faculty of letters and human sciences, department of geography, *email*: **jeandoumit@gmail.com** 

Knowledge of the shape dimensions of a historic building is a fundamental part of a cultural heritage conservation project. The choice of surveying technologies methods is related to the size, complexity, and accessibility of the project. Usually, architects and archeologists use hand measurements, this method is applied to small projects. Total stations and global navigation satellite system (GNSS) is generally used for geographic information system (GIS) data collection and typographic works.

With the fast evolution of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) now they can be used to map at scales up to 1:200 at a very high level of details.

Small topographic survey using Total Stations and kinematic GNSS may produce a lower cost site plan but over a large area, UAV survey becomes the efficient method.

With traditional surveying methods operator should choose what to survey and, possibly, missing detail that may not have been required at the time but could prove useful in a later analysis, in photogrammetry all details are captured.

UAVs are far more efficient from GNSS receivers and total station at capturing geographic data, in our project beside total stations and GNSS receivers we used terrestrial and aerial photogrammetry.

Photogrammetry and laser scanning are examples of big projects data collection techniques with millions of points. The generated 3D points constitute the bases foundation of 3D modeling for an HBIM database, in another way they form a complicated issue for CAD users. In this paper we discuss the generation of 3D points based on SfM technology inside and outside Toron fortress for parametric modeling allowing the simulation of different types of intervention, helping architects, archeologists to choose the most efficient solution based on orthographic drawings, sections and 3D models produced automatically from the Historic Building Information Model.

#### MATERIALS AND METHODS OF THE RESEARCH

Among the historical monument in South Lebanon, Toron the fortress above the village of Tibnin is one of the most important sites for understanding the medieval history of the region [Piana, Curvers, 2004].

The peculiarity and complexity of the architectural elements of the fortress required specific instruments and a variety of techniques for simulations and analysis. The survey started with a GNSS receiver and a total station, it was principally based on four main GPS stations outside the fortress for achieving the external survey and eight total station inside the fortress for an internal survey.

In aerial photogrammetry, we took the whole area of the fortress but for HBIM we surveyed only the big undestroyed part (fig. 1).

The SfM approach, used, in several software like Bundler, Agisoft Photoscan, Photomodeler, and Pix 4D mapper, defines the camera's interior orientation and simultaneously calculates the exterior orientations using tie points (similar pixels) between images in a process called bundle adjustment.

The results of bundle adjustment are a model in arbitrary coordinates, for the geo-referencing of the model in Deir Ez Zor coordinate system we used GNSS receivers for outdoor survey and a Total Station for the indoor one.

As our project is divided into two SfM parts aerial and terrestrial, the workflow methodologies for both parts are the same as listed in fig. 2.

The workflow of Toron HBIM constituted from two-part, aerial and terrestrial photogrammetry.

The aerial photogrammetry outdoor field work part begins by ground control points placement; accurate ground control is essential for project geo-referencing. A total of 8 ground control points (GCPs) were used fig. 3. Removable markers were specified so that no trace would be left once the survey was completed. The position of each GCP was surveyed using a global navigation satellite system (GNSS) receiver to an accuracy of approximately 10mm in x, y and z.



Fig.1. Digital Ortho Model (DOM) of Toron Fortress, the red ellipse englobing the main building in the fortress

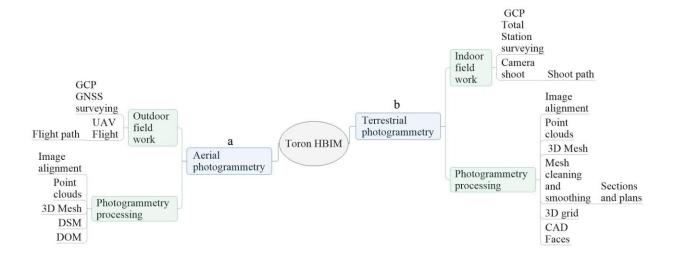


Fig. 2. Toron HBIM workflow: a) aerial photogrammetry part; b) terrestrial photogrammetry part

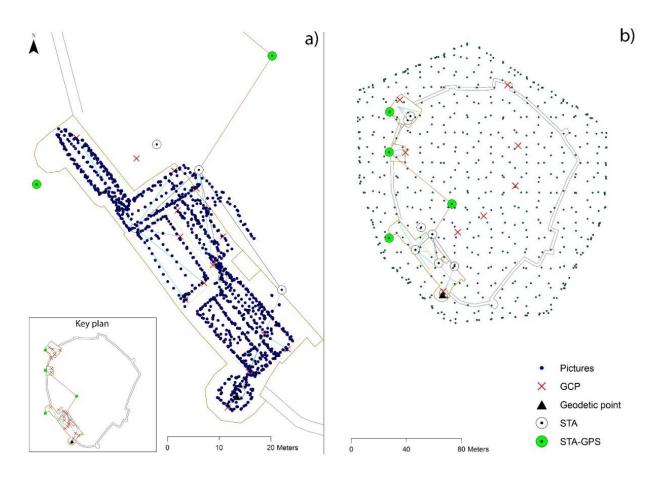


Fig. 3. Toron fortress plans:

a) terrestrial photogrammetry inside the fortress; b) aerial photogrammetry of the fortress

In terrestrial photogrammetry inside the fortress field work, Control Points CP was placed at the walls of the fortress, a total of 15 CPs has surveyed with a reflectorless Total Station of 2 mm accuracy in x, y, and z.

The outdoor GCPs and indoor CPs provide a network of accurate points unified into the stereographic coordinate system of Deir Ez Zor for geo-referencing of the exterior and the interior models of the fortress. A very accurate geo-referencing can provide the basis for long-term monitoring or structural analysis.

Fig. 3 shows the general plan of the fortress with the images taken inside and outside the fortress as a result of terrestrial and aerial photogrammetry, GCPs are symbolized by X, total station and GNSS base points and the geodetic initial point of our project.

Terrestrial images taken inside the fortress manually with a DSLR camera symbolized in fig. 3 a, points were captured following a walking path in a way to get the maximum coverage between simultaneous frames.

Aerial images were taken by a DJI Phantom 4 pro quadcopter with a camera of 20 megapixels with an oblique camera gimbal of 30 degrees from Nadir to capture the facades of the building.

UAV flights made in four different gimbal orientations: North, East, South, and West to cover all the fortress territory, the four flight paths designed in the same way in precision flight mobile application with an overlap of 80 % and a sidelap of 70 %.

The aerial captured overlapping oblique image from an altitude of 60 m above the roof of the fortress more precisely from the taking off point of the drone. 590 aerial oblique images were captured (fig. 3 b); 2314 images were captured inside the fortress (fig. 3 a); each image was

manually quality checked to ensure only clear images were processed; 339 images were removed from the data set because of their poor quality.

All aerial and terrestrial captured images were processed using Agisoft Photoscan Professional based on SfM algorithms which are able to reconstruct large-scale environments from a huge number of unordered photo collections in a reasonable time [Frahm et al., 2010; Doumit, Kiselev, 2016]. The SfM approach created a dense point clouds can provide useful information such as static scenes and cross-sections. The generated dataset can be delivered as raw to architects and archeologists for them to extract information in a CAD or GIS system.

The extraction of CAD or GIS data is the foundation of HBIM, surveyors and GIS analysts could provide only colored point clouds, meshes, and textures to a 3D modeler for final correction and renders.

Aerial and terrestrial data generation follow the same photogrammetric processing workflow (fig. 2), beginning from image alignment by SfM technology and ending with the generation of dense colored point clouds.

After the generation of point clouds, subsequent processing steps to provide an HBIM dataset includes:

- 1. Cleaning and removing the artifact from point clouds;
- 2. Filtering to reducing the noises;
- 3. Classification of the point clouds;
- 4. Meshing and smoothing a TIN;
- 5. Generating a CAD grid draped on the TIN;
- 6. CAD Grid 3D faces;
- 7. Sectioning;
- 8. Tracing in CAD or GIS for a detailed HBIM (vectorization).

HBIM structures (plans, profiles, and sections) can be generated by using point clouds as a base for the vectorization of features. This operation is carried out by a GIS analyst or a CAD operator it will be a basic data interpretation and will not include the subtleties that can be provided by archaeologist or conservation specialist. GIS analyst and CAD operator can extract only metric data while archaeologists will provide a fuller data interpretation and the data becomes an intelligent attributed dataset that can be queried, analyzed and accessed easily by most end users. The process of mapping vectors onto a 3D point cloud can be improved by automatically placing a 3D grid onto the Triangulated Irregular Model (TIN) mesh interpolated from point cloud (fig. 4).

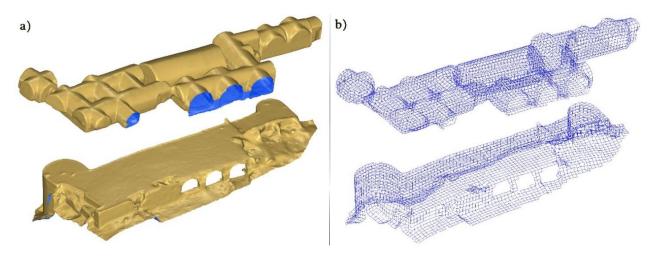


Fig. 4. a) 3D Mesh interpolated from point clouds; b) 3D grid generated from a 3D mesh

The shaded mesh of the fortress of fig. 4 a could be seen in different modes as wireframe, shaded and textured models, the 3D mesh of the fortress showing its internal and external cover without saving architectural details it means smoothing the level of details and removing stone textures. The architectural elements can be represented by a grid fitting the surface as a parametric object and mapped onto 3D mesh or image-based surveys [De Luca et al., 2007]. The 3D wireframe grid fitting the mesh of fig. 4 a, then transferred to a solid 3D faces grid (fig. 5), this 3D faces grid of as a parametric model can be edited to revise any or all of its parameters of construction, texture, and orientation. Parametric CAD differs from generic 3D CAD, generic CAD used to create lines, arcs, and dimensions that in turn create nonparametric architectural elements. These elements exist as graphic entities but they do not have intelligence [Ibrahim, Krawczyk, 2004; Ibrahim et al., 2003]. Mapping vectors onto the point cloud. is a very complex process for architects and engineers as the point cloud data huge size and the difficulty of mapping in 3D space onto a point cloud. Vectors can be digitized onto both the point cloud and the Digital Ortho Model (DOM).

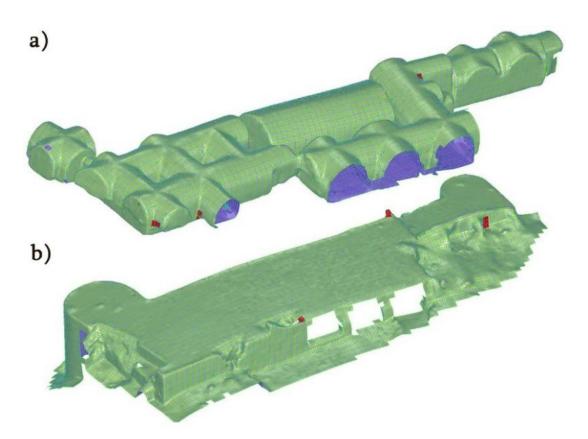


Fig. 5. Parametric models: a) inside the fortress; b) outside the fortress

#### RESULTS OF THE RESEARCH AND DISCUSSION

An HBIM for Toron fortress was built with a commonly used SfM technology based on Photoscan software. The HBIM intends to create a digital model that provides the greatest amount of fundamental information for any maintenance work or renovation project.

The HBIM of Toron fortress constituted from GIS and CAD databases, the GIS database figure 6a containing a Digital Ortho Model (DOM) for the whole fortress (inside and outside) it helps architects and archeologists digitizing detailed accurate plans, besides the DOM a Digital Surface Model (DSM) generated form photogrammetric software expressing the terrain elevations and structures.

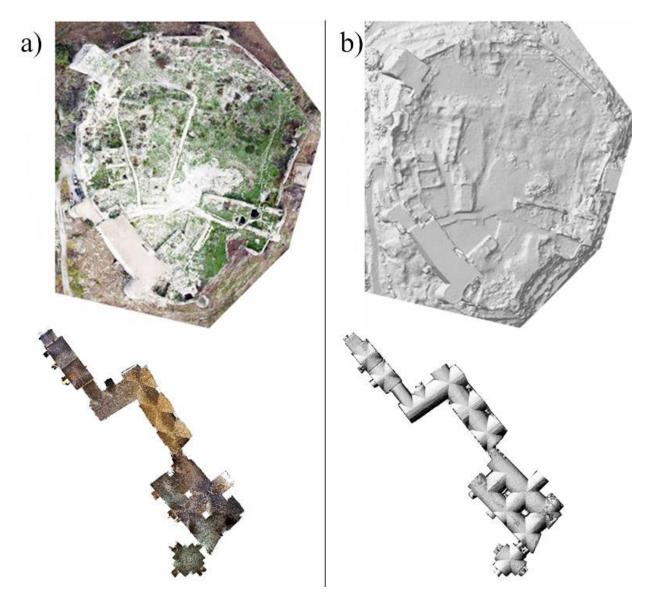


Fig.6. GIS database: a) DOM; b) Hillshade model

Fig. 6 b of Toron hillshade model generated from the DSM in GIS module showed the unclear archeological structures in DOM figure 6a, these structures could only be detected from DSM and constitute an important research material for archeologists and a new renovation object for architects.

The internal DOM of the fortress showed in details the stone structures of the fortress roof and could form a good dismantling map for restoration purposes.

Fig. 7 of the parametric model showed the internal model with high level of details covered by the external shape of the fortress, this high accuracy model is a huge source of technical information about the fortress dimensions and volumes.

The final result of the HBIM was 2D plans, elevations, and sections of the fortress carried out to a high detail level both internally and externally. Within the issued data, drawing sheets were set up, along with elevations and typical sections in DWG file format. These were then exported as shapefiles to be viewed and analyzed on GIS platforms. In addition to the 2D outputs, a 3D textured model was produced in OBJ format.

The final work includes project drawings and a database, which is suitable for the analysis and design of the fortress.

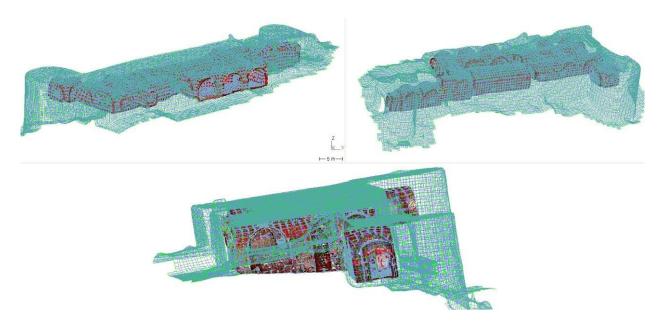


Fig.7. Different perspectives of the parametric models in the CAD database

#### **CONCLUSIONS**

This study focused on the work phases and methodologies of a photogrammetry HBIM project, time and their cost, for a global view of various solutions.

Through the example of the case study, it is possible to observe how historical building heritage can be analyzed in different aspects. After a photogrammetry aerial and terrestrial surveys obtained dimensional information allows the realization of the HBIM, including architectural and archeological descriptions in a two and three-dimensions.

This paper proposes a real case example which could form a template to understand the best way to apply HBIM technology before starting a restoration project.

HBIM technology may present a real help in Historical building heritage by contributing to the maintenance of the historical memory of buildings and developing appropriate databases which can be consulted and divided into multiple levels of description.

This paper shows the potential for HBIM for use in the conservation of historic structures and environments by producing engineering survey drawings for architectural heritage conservation.

A new methodology for the HBIM structures and environments is proposed, this process involves the following stages: photogrammetric collection and processing of the acquired images; identification of archeological details from the architectural pattern; mapping of parametric objects, production of drawings and documentation, the creation of detailed 3D.

The HBIM provides full architectural drawings for the conservation of historical buildings and environments including 3D documentation, orthographic projections, plans and sections for future animation and visualization projects.

The development of national Lebanese HBIM libraries would help the greater heritage conservation. The HBIM object would be complete in information relating to archeology, history, and geography.

#### **REFERENCES**

1. *De Luca L., Véron P., Florenzano M. A* generic formalism for the semantic modeling and representation of architectural elements. The Visual Computer Journal, 2007. No 23 (3). P.181–205.

- 2. *Doumit J.A., Kiselev E.N.* Structure from motion technology for macro-scale objects cartography. Breakthrough scientific research as the modern engine of sciences. St. Petersburg: "Cult Inform Press" Publishers, 2016. P. 42–47.
- 3. Frahm J.-M., George P.F., Gallup D., Johnson T., Raguram R., Wu C., Jen Y.H., Dunn E., Clipp B., Lazebnik S. Building Rome on a cloudless day. ECCV, Springer, 2010. V. 6314. P. 368–381.
- 4. *Ibrahim M., Krawczyk R.* The level of knowledge of cad objects within the building information model. CAADRIA Conference, Seoul, South Korea, 2004. P.173–177.
- 5. *Ibrahim M., Krawczyk R., Schipporeit G.* CAD smart objects: potentials and limitations. eCAADe 2003. Education in computer-aided architectural design in Europe Conference, Graz, Austria, September, 2003. P. 547–552.
- 6. *Piana M., Curvers H.* The Castle of Toron (Qal'at Tibnin) in South Lebanon preliminary results of the 2000/2003 Campains. BAAL 8, 2004. P. 333–356.

УДК: 37.026.6 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-297-308

М.Ю. Аксёнова<sup>1</sup>, Э.Ф. Мифтякова<sup>2</sup>

#### ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

#### **АННОТАЦИЯ**

В связи со снижением познавательного интереса у обучающихся к изучению географии информационно-коммуникационные технологии призваны оказать помощь при решении данной проблемы. На современном уроке географии важным становится сопровождение процесса изучения звуковыми моментами и визуальным рядом; именно такая комбинация средств обучения способствует эффективной продуктивной учебной Информационно-коммуникационные деятельности. средства обучения являются основными обучающимися инструментами на уроке, а учитель призван организовать учебную деятельность со средствами обучения на уроке и во внеурочное время. Использование информационно-коммуникационных технологий помогает учителю организовать деятельность учащихся с различными источниками информации: Интернетресурсами, электронными образовательными ресурсами, которые составляют основу мотивационного, операционально-технического и контрольно-оценочного компонентов учебной деятельности. На уроках географии можно использовать следующие электронные образовательные ресурсы: электронные учебники; электронные сборники дополнительных и наглядных материалов к урокам (плакаты, интерактивные карты, схемы, иллюстрации); учебные презентации; электронные контрольно-измерительные мультимедийные материалы (КИМы); электронные файлы-задания; базы данных учебного назначения (энциклопедии, справочники, словари, глоссарии, тренажеры, игры); каталоги цифровых образовательных ресурсов (ЦОР); аудиокниги и цифровые видеозаписи; цифровые фотоальбомы, фотогалереи, виртуальные экскурсии. Электронный учебник включает анимации, аудиофрагменты, видеофрагменты, а также интерактивные карты; основное предназначение данного учебника заключается в демонстрации учебных материалов. Программные средства контроля и коррекции знаний позволяют оперативно и объективно обработать полученные результаты. С использованием конструктора тестов составляют необходимые проверочные задания по различным темам курса. Выбор информационнокоммуникационных средств обучения для урока географии осуществляется с учётом поставленных целей и задач, содержания учебного материала, используемых методов обучения на каждом этапе учебной деятельности.

**КЛЮЧЕВЫЕ** СЛОВА: информационно-коммуникационные средства обучения, продуктивная учебная деятельность, мотивация

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Ульяновский государственный педагогический университет им.И.Н. Ульянова, пл. Ленина, д. 4/5, 432063, Ульяновск, Россия, *e-mail:* **82axmarina@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Ульяновский государственный педагогический университет им.И.Н. Ульянова, пл. Ленина, д. 4/5, 432063, Ульяновск, Россия, *e-mail:* elmira03.92@yandex.ru

#### Marina Yu. Aksenova<sup>1</sup>, Elmira F. Miftyakova<sup>2</sup>

### PEDAGOGICAL OPPORTUNITIES OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AT LESSONS OF GEOGRAPHY

#### **ABSTRACT**

In connection with the reduction of cognitive interest among learners to study geography, information and communication technologies are called upon to help in solving this problem. At a modern lesson of geography important is a maintenance of process of studying of geography the sound moments and a visual row, such combination of means of education promotes creation of effective productive educational activity. Information and communication learning tools are the main learning tools in the classroom, and the teacher is designed to organize learning activities with learning tools in the classroom and after school hours. Use of information and communication technologies helps the teacher to organize activity of pupils with various sources of information: Internet resources, electronic educational resources which make a basis of components of educational activity: motivational, operational and technical and control and estimated. At lessons of geography it is possible to use the following electronic educational resources: electronic textbooks; electronic collections of additional and evident materials to lessons (posters, interactive maps, schemes, illustrations); multimedia educational presentations; electronic control and measuring materials (KIMY); electronic files tasks; databases of educational appointment (encyclopedias, reference books, dictionaries, glossaries, exercise machines, games); catalogs of the digital educational resources (DER); audiobooks and digital videos; digital photo albums, photo galleries, virtual excursions. The electronic textbook includes animation, audio fragments, video fragments and also interactive maps; the main destination of this textbook consists in demonstration of training materials. Software of control and correction of knowledge allow to process quickly and objectively received results. Using the test constructor, the necessary verification tasks on various topics of the course are compiled. The choice of information and communication tutorials for a lesson of geography is carried out taking into account goals and tasks, the maintenance of a training material, the used methods of training at each stage of educational activity.

**KEYWORDS:** information and communication education tools, productive educational activity, motivation

#### **ВВЕДЕНИЕ**

\_

В современных образовательных реалиях у учащихся наметилась чёткая тенденция снижения мотивации к изучению школьного курса географии. Концепция развития географического образования в Российской Федерации объясняет этот факт крайне низкой востребованностью предмета при поступлении в отечественные ВУЗы, нежеланием многих детей расширять свой кругозор. Кроме того, к большому снижению познавательного интереса к изучению географии приводит факт уменьшения количества часов на изучение предмета при сохранении большого объёма содержания, что вызывает затруднения при обучении.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Ulyanovsk Pedagogical University, Lenin Square., 4/5, 432063, Ulyanovsk, Russia, *e-mail:* **82axmarina@mail.ru**<sup>2</sup> Ulyanovsk Pedagogical University, Lenin Square., 4/5, 432063, Ulyanovsk, Russia, *e-mail:* **elmira03.92@yandex.ru** 

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мотивация (мотив) — это побуждение к действию; динамический процесс физиологического и психологического плана, управляющий поведением человека, определяющий его направленность, организованность, активность и устойчивость; способность человека деятельно удовлетворять свои потребности [Хекхаузен, 2003].

Мотив учебной деятельности необходимо понимать как побуждения, характеризующие личность школьника, её основную направленность, воспитанную на протяжении предшествующей его жизни как семьёй, так и школой [Герасимова, www.ipras.ru].

В психолого-педагогической литературе мотивы чаще всего подразделяют на внутренние и внешние. Внутренний мотив — это мотив, который реализуется познавательной потребностью, то есть усваиваемые знания напрямую связаны с выполняемой деятельностью. Внешний мотив — это мотив, который реализуется непознавательной (социальной) потребностью, то есть не связан с получением знаний.

По словам выдающегося психолога Жана Пиаже, у школьника, испытывающего интерес к изучаемой теме, возникает желание исследовать, расширить свой кругозор путём получения новой информации. При наличии устойчивого интереса у школьника значительно облегчается процесс развития когнитивных (познавательных) функций, жизненно важных умений, навыков исследовательской деятельности [Фридман, Кулагина, 1991].

Ю.К. Бабанский считает: «Возбуждение познавательного интереса позволяет учителю обеспечить усвоение главного в учебном материале, снизить утомляемость школьников, повысить их работоспособность. За одно и то же время ученики усваивают большую научную информацию» [Бабанский, 1987].

Познавательный интерес – сильный внутренний мотив. Г.И. Щукина считает, что познавательный интерес занимает одно из центральных мест среди других мотивов учения и как мотив учения носит бескорыстный характер [Заяц, 2008].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вопрос изучения стратегии повышения мотивации обучающихся к изучению того или иного предмета приводит к выводу, что между методами (включая средства) обучения и способностью воспроизводить приобретённые знания в знакомой ситуации и в нестандартных условиях существует прямая зависимость. Важно, чтобы процесс изучения любого школьного предмета сопровождался звуковым сопровождением и визуальным рядом. Только комбинирование аудио- и визуальных средств обучения способствует созданию эффективной продуктивной учебной деятельности в урочное и внеурочное время. Напомним, что учебная деятельность имеет следующую структуру: мотивационный, операционально-технический и контрольно-оценочные компоненты. В процессе совершенствования современного урока учителю географии необходимо применять инновационные технологии. Основной задачей учителя является организация занятости учащихся продуктивной учебной деятельностью [Новенко, 2004; Таможняя, 2004].

Информационно-коммуникационные технологии позволяют учителю географии на каждом уроке организовать учебно-познавательную самостоятельную деятельность учащихся через использование в качестве основных средств обучения учебно-методического комплекса по предмету и цифровые средства обучения: мультимедийные учебники, электронные карты, презентации, космические снимки. При применении информационно-коммуникационных технологий в процессе изучения географии эффективность урока увеличивается, что, безусловно, способствует развитию личности обучающегося и формированию опыта творческой деятельности.

Мотивы считаются побудительной силой; именно мотивация заставляет обучающегося стремиться к знаниям, то есть переходить к тем или иным действиям

[Маркова и др., 1983; 1990]. Безусловно, мнения педагогов сходятся в том, что применение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) способствует развитию мотивации. В XXI веке невозможно представить урок географии без информационно-коммуникационных средств обучения; они являются основными обучающимися инструментами на уроке, а учитель — это помощник и организатор учебной деятельности на уроке и во внеурочное время.

ИКТ — это процессы и методы взаимодействия с информацией, которые осуществляются с применением устройств вычислительной техники, а также средств телекоммуникации. В информационное взаимодействие между учащимся и преподавателем интерактивно включается средство обучения.

По методическому назначению программные средства делятся на несколько групп и при необходимости средству обучения могут передаваться некоторые функции преподавателя — такие как управление учебной деятельностью, контроль результатов обучения, формирование умений и навыков.

Использование информационно-коммуникационных технологий на уроках географии помогает учителю организовывать деятельность учащихся с различными источниками информации. В качестве учебного материала могут выступать интернет-ресурсы, электронные образовательные ресурсы. Указанные учебные материалы оказывают обучающимся помощь при формулировании познавательных задач, создании ситуации взаимодействия и усвоения ценностных установок, а также помогают сократить время на проведение контроля и самоконтроля. Таким образом, информационно-коммуникационные средства обучения в современных образовательных условиях призваны составлять основу всех компонентов учебной деятельности: мотивационного, операционально-технического и контрольно-оценочного.

В настоящее время достаточно широк и развит рынок электронных образовательных ресурсов (ЭОР). На уроках географии практически повсеместно можно использовать следующие из них:

- электронные учебники;
- электронные сборники дополнительных и наглядных материалов к урокам: плакаты, интерактивные карты, схемы, иллюстрации;
- мультимедийные учебные презентации;
- электронные контрольно-измерительные материалы (КИМы);
- электронные файлы-задания;
- базы данных учебного назначения: энциклопедии, справочники, словари, глоссарии, тренажёры, игры;
- каталоги цифровых образовательных ресурсов (ЦОР);
- аудиокниги и цифровые видеозаписи;
- цифровые фотоальбомы, фотогалереи, виртуальные экскурсии.

Обучение с помощью ИКТ — это не только сообщение новой информации, но и обучение приёмам самостоятельной работы, самоконтроля, взаимоконтроля, исследовательской деятельности, умения добывать знания, обобщать и делать выводы, фиксировать главное в свёрнутом виде. В основе обучения с помощью компьютерных технологий лежит прежде всего принципиально новая модель организации обучения учащихся, которая представляет интерес для любого творчески работающего учителя и позволяет получить ответ на поставленные ранее вопросы.

Электронный учебник является самым популярным информационнокоммуникационным средством обучения; его основное предназначение заключается в демонстрации учебных материалов. Электронный учебник может в себя включать анимации, аудиофрагменты, видеофрагменты, а также интерактивные карты. Использование содержания электронного учебника позволяет повысить результативность продуктивной учебной деятельности через повышение мотивации и интересные материалы о географических объектах и явлениях.

основе материалов электронных учебников, электронных сборников дополнительных и наглядных материалов, других ресурсов создаётся возможность к продуцированию и использованию учителем собственных мультимедийных презентаций. Для них учитель отбирает материал, который необходим для конкретного урока, располагая его в нужной последовательности. Применение в презентациях анимации, интерактивных элементов способствует формированию у обучающихся образных представлений о географических объектах и явлениях. Необходимо поощрять мотивацию учащихся к созданию мультимедийных презентаций географического содержания. Это способствует повышению мотивации к изучению географии, а также реализации опыта творческой деятельности. Например, на уроках географии при изучении курсов «Природа России» и «Население и хозяйство России» возможно дать ученикам учебно-творческое задание: подготовить сообщение о том или ином субъекте Российской Федерации с использованием презентации Power Point или SMART Notebook; презентация должна отразить особенности физико-географического / экономико-географического положения, компонентов природы / заселения и хозяйственного освоения и другие. Для выполнения данного задания необходимо выбрать коллективный характер взаимоотношений учащихся, так как они получат возможность общаться в рамках коллективной работы; тем самым реализуется потребность подростков в общении со сверстниками. Указанный вид продуктивной учебной деятельности формирует умения и навыки активной работы с различными источниками информации.

Для развития у обучающихся учебной мотивации необходимо организовать занятия так, чтобы ученики получали знания не в готовом виде, а добывали их самостоятельно, через проблемные ситуации, задания исследовательского характера. Выполняя их, учащиеся используют электронные энциклопедии, справочники, словари, глоссарии, статистические данные и таблицы, которые обладают преимуществами перед их бумажными аналогами: они объединяют функции демонстрационных и справочных материалов, имеют удобную систему навигации и поиска, актуальны, периодически обновляются [Никитина, 2011].

Программные средства контроля и коррекции знаний позволяют оперативно и объективно обрабатывать полученные результаты. С использованием конструктора тестов можно составлять необходимые проверочные задания по различным темам курса. Тестовые работы на компьютере с использованием интерактивной доски выполняются детьми с интересом.

В зависимости от вида деятельности (запоминание, понимание, применение, анализ, оценка, создание), учитель может выбрать нужное приложение (рис. 1). Данная Модель SAMR (Substitute, Augmentation, Modification, Redefinition — Замена, Накопление, Модификация, Преобразование) объясняет, как внедрять современные технологии в преподавание. Цель модели — помочь учителям создавать и эффективно использовать в учебном процессе новые электронные технологии для повышения качества образования и уменьшения количества рутинной работы [Педагогическое колесо..., http://do-centr.ru].

Из данных приложений мы в своей работе используем приложения для проверки знаний ClassMarker – простой конструктор тестов. Его преимущества (рис. 2):

- 6 форм вопросов (множественный выбор, да-нет, соответствие, с вводом текстовой строки, произвольный ответ или эссе), исправление ошибок;
- возможность ограничить время;
- возможность регистрации классов (в бесплатной версии в классе не больше 15 человек).

Конструктор учебных заданий имеет небольшой текстовой редактор. Можно вставить в вопрос изображение, видео, аудиофайл, формулу.

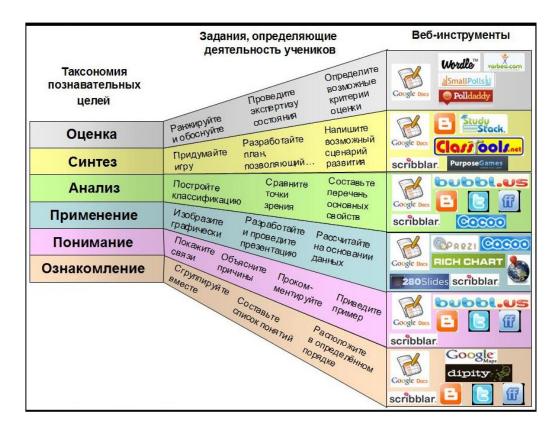


Рис. 1. Сектора педагогического колеса (Педагогическое колесо) Fig. 1. Sectors of the pedagogical wheel (Pedagogical wheel)

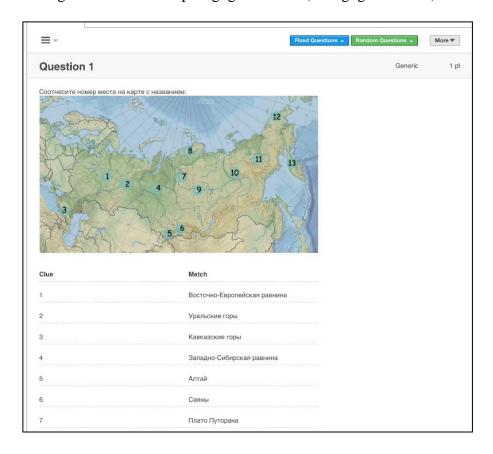


Рис. 2. Пример теста, созданного с помощью ClassMarker (фото автора) Fig. 2. Example of the test created using ClassMarker (photo by author)

Plickers – приложение, которое позволяет проводить фронтальные опросы с помощью одного мобильного телефона. Это приложение:

- не требует наличия планшетов/телефонов у учеников, нужны только карточки;
- позволяет делить вопросы на да/нет, делать множественный выбор;
- требует наличия приложения на телефоне учителя;
- имеет английский язык интерфейса.



Рис. 3. Использование Plickers-приложения на уроке (фото автора) Fig. 3. Using the Plickers application at the lesson (photo by author)

Каждому ребёнку выдаётся по одной карточке с QR-кодами. Сама карточка квадратная и имеет четыре стороны. Каждой стороне соответствует свой вариант ответа (A, B, C, D), который указан на самой карточке. Учитель задаёт вопрос, ребёнок выбирает правильный вариант ответа и поднимает карточку соответствующей стороной кверху. Учитель с помощью мобильного приложения сканирует ответы детей в режиме реального времени (для считывания используется технология дополненной реальности). Результаты сохраняются в базу данных и доступны как напрямую в мобильном приложении, так и на сайте для мгновенного или отложенного анализа.

Выбор того или иного информационно-коммуникационного средства обучения для каждого урока географии осуществляется с учётом поставленных целей и задач, содержания учебного материала, используемых методов обучения на каждом этапе учебной деятельности (табл. 1), а также технических возможностей компьютерной техники.

Табл. 1. Реализация деятельностного подхода при работе с ЭОР Table 1. Implementation of the activity approach when working with EER

Этап учебной деятельности	Виды работ с методическим аппаратом учебника	Тип ЭОР	
	Актуализация опорных	Электронные учебники,	
Мотивационно-	знаний с помощью вопросов и	мультимедиа презентации,	
ценностный	заданий; формулирование	каталоги ЦОР, аудиокниги,	
	проблемы урока	цифровые фотоальбомы, галереи,	
		виртуальные экскурсии	
	Обучение алгоритму	Электронные учебники, плакаты,	
Ориентационно-	деятельности, организация	интерактивные карты, схемы,	
деятельностный	речевой деятельности	иллюстрации, мультимедиа	
		презентации, энциклопедии,	
		тренажёры, игры, аудиокниги,	
		цифровые фотоальбомы, галереи,	
		виртуальные экскурсии	
	Воспроизведение, логический	Электронные учебники, плакаты,	
Исполнительный	анализ, поиск объяснений,	интерактивные карты, схемы,	
	общение в учебных	иллюстрации, мультимедиа	
	ситуациях, личностно-	презентации, файлы-задания,	
	ориентированная	каталоги ЦОР	
	деятельность		
	Поиск объяснений, творческая	Электронные учебники, плакаты,	
Творческий	деятельность, общение в	интерактивные карты, схемы,	
	учебных ситуациях,	иллюстрации, мультимедиа	
	личностно-ориентированная	презентации, файлы-задания,	
	деятельность	энциклопедии, тренажёры, игры,	
		каталоги ЦОР, цифровые	
		фотоальбомы, галереи,	
		виртуальные экскурсии	
	Общение в учебных	Электронные учебники, плакаты,	
Оценочно-	ситуациях,	интерактивные карты, схемы,	
рефлексивный	личностно-ориентированная	иллюстрации, мультимедиа	
	деятельность, сравнение	презентации, КИМы, файлы-	
	эталона и результатов,	задания, энциклопедии,	
	оценивание и самооценивание	тренажёры, игры	
	результатов применения		
	учебника в деятельности		

Интернет-ресурсы призваны оказать помощь учителю при подготовке к урокам. Представленные для работы учебники под грифом «рекомендовано» зачастую имеют крайне неактуальную информацию по курсам «Население и хозяйство России» и «Экономическая и социальная география зарубежных стран»; причиной тому является быстрое устаревание статистических данных. Указанные «пробелы» призван ликвидировать сайт Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru). На этом сайте находятся регулярно обновляемые данные по следующим показателям: распределение населения по возрастным группам, естественное движение населения,

возрастные коэффициенты рождаемости и смертности, ожидаемая продолжительность жизни при рождении, международная миграция и другие.

Наиболее продуктивным направлением использования современных телекоммуникационных средств является внедрение в процесс обучения географии учебных электронных карт. Геоинформационная система помогает развивать умение читать географическую информацию по карте. Электронная карта представляет собой картографическое изображение, полученное на основе данных цифровых карт и визуализированное на мониторе компьютера, видеоэкране или другом техническом устройстве. Учебная электронная карта – это специальная цифровая картографическая модель, подготовленная к визуализации на экране для полей обучения [Сухоруков, Суслов, 2018].

Цифровая карта позволяет не только найти и проанализировать объект, но и получить дополнительную информацию, содержащуюся в атрибутах нанесённых на неё номенклатурных объектов. После щелчка левой кнопкой мыши по объекту на экране появляется их качественная или количественная характеристика.

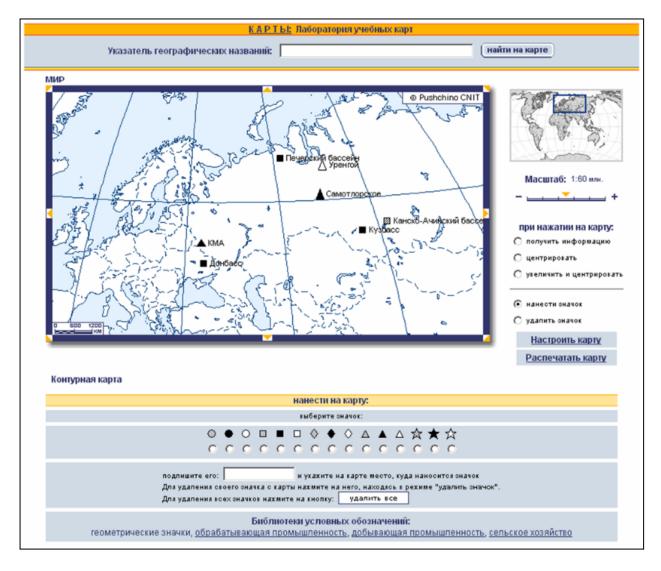


Рис. 4. Пример интерактивной электронной карты (фото автора) Fig. 4. Example of an interactive electronic map (photo by author)

В отличие от обычных, электронные карты имеют многослойное содержание и разнообразные учебные функции. Например, физическая карта может включать рельефный слой, гидрологический, климатический и другие; экономическая карта — природноресурсный, отраслевой и другие (рис. 4). При этом электронные карты снабжаются функциями редактирования, рисунка, исправления, сравнения и прочими. Важной характеристикой электронной карты является наличие в ней дополнительного информационного блока.

При работе с электронной картой можно приближать выбранные участки земной поверхности для более детального рассмотрения; снимать часть обозначений, упрощая карту; делать рисунки, наносить надписи, наполнять карту новым иллюстративным или текстовым материалом, совмещать структурные уровни, комбинировать и прочее (рис. 5).

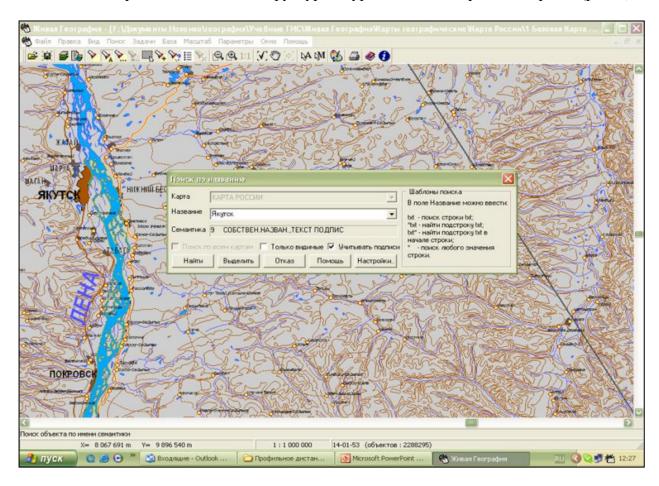


Рис. 5. Пример поиска объектов на карте по названию (фото автора) Fig. 5. Example of searching for objects on the map by name (photo by author)

Таким образом, возможности электронной карты позволяют применять разные формы и приёмы учебной работы, активизировать познавательную деятельность учащихся и решать другие педагогические задачи.

#### выводы

Современное общество и обучающиеся сегодня предъявляют высокие требования к уровню информационной компетентности учителя, поэтому учителю необходимо постоянно совершенствовать навыки работы с информационно-коммуникационными средствами обучения, регулярно повышать квалификацию.

Использование информационно-коммуникационных технологий на уроках географии вызывает интерес к предмету, помогает повышать мотивацию, что обеспечивает усвоение учащимися программного материала на более высоком уровне, формирование личностных, коммуникативных, регулятивных, познавательных универсальных учебных действий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Бабанский Ю.К. Интенсификация процесса обучения. М.: Знание, 1987. 80 с.
- 2. Герасимова А.С. Теория учебной мотивации в отечественной психологии. Научные материалы международного форума и школы молодых учёных ИП РАН. Раздел 2. Электронный ресурс: http://www.ipras.ru/cntnt/rus/dop\_dokume/mezhdunaro/nauchnye m/razdel\_2\_p/gerasimova.html (дата обращения: 24.09.2018).
- 3. Заяц Д.В. Интернет-ресурсы на уроках географии. География, 2008. № 17. С. 27.
- 4. *Маркова А.К., Матис Т.А., Орлов А.Б.* Формирование мотивации учения: Книга для учителя. М.: Просвещение, 1990. 192 с.
- 5. *Маркова А.К., Орлов А.Б., Фридман Л.М.* Мотивация учения и её воспитание у школьников. М.: Педагогика, 1983. 65 с.
- 6. Никитина Н.П. Развитие мотивации у учащихся к изучению географии средствами компьютерных технологий. Педагогическое образование на Алтае, 2011. № 1. С. 149–155.
- 7. *Новенко* Д.В. Новые информационные технологии в обучении. География в школе, 2004. № 5. С. 47–54.
- 8. Педагогическое колесо. Современные образовательные технологии: результативно обучать, эффективно управлять обучением. Центр ДО. Электронный ресурс: http://docentr.ru/2017/12/03/педагогическое-колесо/ (дата обращения: 05.04.2019).
- 9. Сухоруков В.Д., Суслов В.Г. Методика обучения географии: учебник и практикум для академического бакалавриата. М.: Юрайт, 2018. 359 с.
- 10. *Таможняя Е.А.* Компьютерные технологии: возможности использования. География в школе, 2004. № 4. С. 46–50.
- 11.  $\Phi$ ридман Л.Н., Кулагина И.Ю. Психологический справочник учителя. М.: Просвещение, 1991. 280 с.
- 12. Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность. 2-е изд. СПб.: Питер; М.: Смысл, 2003. 860 с.

#### REFERENCES

- 1. *Babansky Yu.K.* Intensification of the learning process. Moscow: Knowledge, 1987. 80 p. (in Russian).
- 2. Fridman L.N., Kulagina I.Yu. Psychological guide of the teacher. Moscow: Enlightenment, 1991. 280 p. (in Russian).
- 3. *Gerasimova A.S.* Theory of educational motivation in Russian psychology. Scientific materials of the international forum and the school of young scientists of the RAS. Section 2. Web resource: http://www.ipras.ru/cntnt/rus/dop\_dokume/mezhdunaro/nauchnye\_m/razdel\_2\_p/gerasimova.ht ml (accessed 24.09.2018) (in Russian).
- 4. *Heckhausen H.* Motivation and activity. 2nd ed. SPb.: Peter; M.: Sense, 2003. 860 p. (in Russian).
- 5. *Markova A.K.*, *Matis T.A.*, *Orlov A.B.* Formation of the motivation of teaching: A book for the teacher. Moscow: Enlightenment, 1990. 192 p. (in Russian).
- 6. *Markova A.K.*, *Orlov A.B.*, *Fridman L.M.* Motivation of the teaching and its education in schoolchildren. Moscow: Pedagogy, 1983. 65 p. (in Russian).
- 7. *Nikitina N.P.* Development of motivation among students to study geography using computer technology. Pedagogical education in Altai, 2011. No 1. P. 149–155 (in Russian).
- 8. *Novenko D.V.* New information technologies in teaching. Geography at school, 2004. No 5. P. 47–54 (in Russian).

- 9. Pedagogical wheel. Modern educational technologies: effective teaching, efficiently manage education Center TO. Web resource: http://do-centr.ru/2017/12/03/педагогическое-колесо/ (accessed 05.04.2019) (in Russian).
- 10. *Sukhorukov V.D.*, *Suslov V.G.* Methods of teaching geography. Textbook and workshop for academic undergraduate. Moscow: Yurayt, 2018. 359 p. (in Russian).
- 11. *Tamojniaja E.A.* Computer technologies: use possibilities. Geography at school, 2004. No 4. P. 46–50 (in Russian).
- 12. Zayats D.V. Internet resources in geography lessons. Geography, 2008. No 17. P. 27 (in Russian).

УДК 911.6 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-309-320

В.Н. Бочарников<sup>1</sup>, В.Е. Кириченко<sup>2</sup>, Ю.Н. Герасимов<sup>2</sup>

# АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ СОХРАНЕНИЯ КРУПНЫХ ЦЕЛОСТНЫХ ГОРНО-ЛЕСНЫХ ГЕОСИСТЕМ КАМЧАТСКОГО КРАЯ В КОНТЕКСТЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОКОНЦЕПТА ДИКОЙ ПРИРОДЫ

#### **АННОТАЦИЯ**

География является одним из наиболее хорошо проверенных временем инструментом человеческого познания природной среды. Эта наука позволяет создавать систему знаний, обеспечивающую наглядный характер выявления взаимосвязей между результатами труда человека, изменениями в природной среде, трансформациями экономических и социальных интересов общества. Человек, использующий инструментарий современной географии, выступает как внутренний «наблюдатель» природы благодаря своей специфической, эволюционно складывающейся на протяжении тысячелетий, системе восприятия, и на этой основе возникает принципиально осмысленное извлечение информации о мире и о самом человеке. География способна на представление «неочевидного» через своё образное выражение и системное опредмечивание физического мира, представляя их элементы в своих конструкциях и метафорах, в формировании географической картины мира. В статье приведены результаты оригинальной оценки современного состояния экосистем Камчатки, выполненной на основе территориального расчёта степени антропогенной нарушенности природных ландшафтов. На основе применения технологий ГИС сделан расчёт и визуализация индекса дикой природы, получены новые сведения по степени сохранности основных групп типов ландшафтов, приводятся сведения фактической доли сохранившихся естественных экосистем на территории федеральных и региональных ООПТ Камчатского края. Выполнены краткие характеристики по шести наиболее крупным «бездорожным» природным территориям Камчатки, обсуждается их значимость в качестве местообитаний основных видов охотничьих животных, выделены рекреационные и природоохранные ценности данных территорий.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** дикая природа, горно-лесные экосистемы, природные ландшафты, ГИС, местообитания животных

\_

 $<sup>^1</sup>$  Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7, *e-mail:* **vbocharnikov@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, 683000,

г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

#### Vladimir N. Bocharnikov<sup>1</sup>, Vadim Ye. Kirichenko<sup>2</sup>, Yury N. Gerasimov<sup>2</sup>

## CURRENT TASKS OF CONSERVATION OF MAJOR INTEGRAL MOUNTAIN FOREST GEOSYSTEMS OF THE KAMCHATKA IN THE CONTEXT OF PRACTICAL USE OF GEOCONCEPT OF WILDERNESS

#### **ABSTRACT**

Geography is one of the most time-tested tools of human knowledge of the natural environment. This science makes it possible to create a system of knowledge that provides a visual character of identifying the relationships between the results of human labor, changes in the natural environment, transformations of economic and social interests of society. Man using the tools of modern geography acts as an internal "observer" of nature, thanks to its specific, evolutionarily evolving over the millennia, the system of perception, and on this basis, there is a fundamentally meaningful extraction of information about the world and about the man himself. Geography is capable of representing the "non-obvious" through a kind of expression and systematic marking of the physical world, presenting their elements in their designs and metaphors, in the formation of the geographical picture of the world. The article presents the results of the original assessment of the current state of Kamchatka ecosystems, based on the territorial calculation of the degree of anthropogenic disturbance of natural landscapes. Based on the use of GIS technologies, the calculation and visualization of the wilderness index are made, new data on the degree of preservation of the main groups of landscape types are obtained, as well as the actual share of preserved natural ecosystems in the Federal and regional protected areas of the Kamchatka territory is given. The brief characteristics of the six largest "off-road" wilderness areas of Kamchatka are made, their importance as habitats of the main species of hunting animals is discussed, recreational and environmental values of these territories are highlighted.

**KEYWORDS:** wilderness, mountain forest ecosystems, natural landscapes, GIS, wildlife habitats

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Охрана живой природы определяется необходимостью её защиты от чрезмерных нарушений и утраты естественного экологического равновесия в условиях непрерывного антропогенного воздействия и соответствующих нарушений биосферы [Ecological Principles..., 1992]. Особую важность имеют территории с высоким уровнем сохранности природной среды, и в этой связи следует отметить уникальность Камчатского края.

Примечательно его физико-географическое положение: полуостров Камчатка с востока представляет восточно-океанскую окраину России; с юга полуостров как бы получает своё продление и продолжает сухопутные владения нашей страны разнонаправленной цепочкой Командорских и Курильских островов [Ананьев, Леонтьев, 1987].

Камчатский край граничит на северо-западе с Магаданской областью, на севере – с Чукотским автономным округом, на юге – с Сахалинской областью; с востока Камчатку омывают воды Тихого океана. Концепция сохранения естественной функциональности местообитаний животных лежит в основе природоохранной политики любой страны мира;

<sup>1</sup> Pacific Institute of Geography of the Far eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 690041, Vladivostok, Radio st. 7, Russia, *e-mail:* **vbocharnikov@mail.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography of the Far eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya st. 6, Russia

инструментом её реализации служит экосистемный и экорегиональный подходы [Бочарников, 2014]. Административный путь объединения географически изолированного, второго по величине в нашей стране полуострова Камчатки и присоединения прибрежногорной части континентального Северо-Востока, включая части Колымского, Корякского, Пенжинского, Ичигемского хребтов, ранее входивших в Корякский национальный округ, образовал уникальную по несочетаемости природных условий, ландшафтов и экосистем российскую территорию.

В физико-географическом отношении [Гвоздецкий, 1970] рассматриваемая нами территория относится частично к лесотундровым равнинам Пенжинско-Анадырской депрессии, но в основном к горно-вулканическому тундрово-лесистому полуострову Камчатки и Корякской горной группы, что позволяет рассматривать её как систему, реагирующую на внешние воздействия и подчиняющуюся внутренним процессам.

Сложность изучения и выявления этих механизмов широко известна, и до сих пор не найдены возможности предотвращения кардинального по своим масштабам антропогенного воздействия, поэтому в условиях его постоянного возрастания научная задача определения степени сохранности природных экосистем региона представляет исключительную сложность.

В экосистеме все входящие в неё виды живого и абиотические экологические компоненты функционально соответствуют друг другу [Емельянов, 1994]. С точки зрения методологии системного подхода, если допустить, что между двумя компонентами географического пространства, проецируемых на двумерную плоскость территории, существуют тесные, устойчивые связи, то таким образом реализуется возможность включения этих компонентов через соответствующее структурное звено в одну систему.

В реальной жизни структурно-системным подходом географии «проявляется» дискретность нарушений, выраженных наличием разрывов, определённой локализации сочетаний компонентов слоёв в виде несоприкасающихся ареалов (например, дискретность почвенного покрова, районов расселения населения и размещения хозяйства и так далее) [Второв, Дроздов, 1978].

Большая часть территории данного региона представлена крупнейшей экосистемой – полуостровом Камчаткой, с северо-востока которую омывают воды Берингова моря, незаметно переходящие к югу в Тихий океан, а с запада полуостров ограничен водами Охотского моря. Более 3/4 поверхности полуострова Камчатки занято горными хребтами – Срединным (3621 м) и Восточным – и высокими вулканическими плато, между которыми расположена Центрально-Камчатская депрессия, «стекающая» почти к побережью Берингова моря.

Вдоль западного побережья полуострова протягивается Западная равнина, а на восточном побережье низменности приурочены лишь к устьям крупных рек. В материковой части Камчатского края основные черты рельефа сформированы преимущественно тектоническими и вулканическими процессами, происходившими здесь на протяжении длительного периода его формирования.

Камчатка является замечательным модельным регионом, поскольку в пределах обширных территорий можно отметить хорошо сохранившиеся природные ландшафты, так же, как и те, которые были в разной степени освоены людьми за более, чем три последних столетия. Узкий перешеек на севере Камчатки соединяет полуостров с материком Корякской горной группой; с запада полуостров отделён от материка глубоководным Охотским морем. Преимущественно высокие горные хребты и вулканические нагорья, протягивающиеся вдоль полуострова на сотни километров, являются барьерами, регулирующими распределение атмосферных осадков. Здесь особенно важны чёткость и простота идентификации в осуществлении расчётов.

Значительные высоты определяют наличие в верхних частях гор снежников и ледниковых шапок, являющихся одним из важных источников питания поверхностных и

подземных вод, а извержения вулканов сопровождаются поступлением на поверхность рыхлых вулканических продуктов – пепла, песка, пемзы, шлака. Обычны каменные осыпи и россыпи, скальные породы, многолетние снежники; на некоторых вулканах и горных хребтах имеются ледники.

Прагматический взгляд на биоразнообразие позволяет нам видеть в нём неиссякаемый источник биологических ресурсов, но помимо этого сохранение биоразнообразия является насущной заботой человечества о собственном благополучии<sup>1</sup>. Утраты биологического разнообразия на глобальном, региональном и локальном уровнях связаны напрямую с уничтожением местообитаний биоты и снижением ландшафтного разнообразия. В этой связи Камчатский край имеет значительный биотический и биосферный потенциал, обеспечивающий поддержание крупных малонарушенных экосистем Северо-Западного Тихоокеанского региона.

В мировой практике для совмещения и обработки очень разнородной и обширной информации широко используются технологии ГИС. Основываясь на доступных для использования публичных данных по состоянию мировых лесов, для нашего анализа степени сохранности природных ландшафтов мы имели возможность привлечь карты антропогенной нарушенности «камчатских лесов» в результате антропогенного воздействия (вырубки и пожары), причём в нашей работе суммарный геоинформационный расчёт проводился путём отображения всех визуальных «следов присутствия человека» (дороги, поселения, промышленные объекты), рассматриваемых как антропогенно-изменённые ландшафты, с отбором и выделением их противоположностей – территорий с высокой степенью сохранности природной составляющей – «дикой природы». Специальный расчёт был осуществлён по распределению сохранившихся крупных территорий, и учитывая, что выделение крупных «бездорожных» территорий России является важнейшим методологическим шагом, в основу процедуры была положена компьютерная обработка типовых алгоритмов выделения природных ландшафтов, сохранивших естественные функции и структуру.

#### МАТЕРИАЛЫ, ТЕРРИТОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Ландшафты – конструкт или модель, традиционно выражаемая в картографическом формате, в котором процессы обобщения осуществляются построением регионально-типологических схем. В методическом отношении данная работа основывалась на трёх составляющих:

- 1) При применении самых современных технологий ГИС и дистанционного зондирования нами использовалась методология подготовки традиционной тематической карты, что позволяло опираться на испытанные временем преимущества картографического метода, ведь именно подготовка и публикация тематических карт наглядно отражает многие и разнообразные стороны в формате географической модели определённой территории.
- 2) Расчёты природного своеобразия рассматриваемых территориальных объектов крупных целостных участков дикой природы нами визуализировались с помощью «встроенных» функций ГИС и объясняются (характеризуются) с применением сравнительно-географического метода на базе технологий ГИС (программное обеспечение ESRIARCGIS 10.2.).
- 3) Карта как модель наиболее наглядно отражает географическую реальность особого рода в объективном отражении, хотя и представленном с «преломлением» через субъективное восприятие, профессиональный опыт и понимание исследователя, а

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Aichi Biodiversity Targets. Convention on Biological Diversity. Электронный ресурс: https://www.cbd.int/sp/targets/default.shtml (дата обращения 01.03.2019)

объектная модель в ГИС представляет мир как поверхность, заполненную дискретными, идентифицируемыми сущностями с геометрическим представлением и описательными атрибутами.

«Дикая природа» является одной из международных категорий, обозначающей специфику и формат территориальной охраны ландшафтов, экосистем, определённых районов, выделенных в соответствии с национальными критериями в различных регионах мира. Они принадлежат к первой категории (1b), но в эту же категорию помещены strict nature reserve (категория 1a) или заповедники. Концепция сохранения "wilderness" или в русскоязычной кальке-переводе звучащей, как «дикая природа», была официально утверждена в США, где уже более полувека существует специальный закон об охране дикой природы (или Wilderness Act of 1964). Именно в его правовых рамках была создана одна из наиболее эффективных зарубежных национальных систем государственных природных охраняемых территорий.

Мы вводим в научный оборот понятие «дикая природа» как термин, обозначающий целостные, ненарушенные значимым антропогенным воздействием крупные участки естественных природных ландшафтов [Бочарников, 2014]. В России основная причина предложения этого нового концепта заключается в том, что среди многих используемых методов оценки антропогенной нарушенности достаточно трудно найти такие, которые в немногих, или идеально в одном показателе давали бы возможность оценить степень антропогенной нарушенности. Мы понимаем «дикую природу» новый природоохранный индекс, предназначенный для генеральной оценки степени сохранности природных геосистем в зависимости от степени антропогенного воздействия, но с отличием от традиционного фокуса отображения множества параметров антропогенных нарушений природной среды освоенных территорий.

Теоретическое обоснование данной концепции нами было опубликовано ранее; общий алгоритм расчётов степени сохранности природных ландшафтов был опубликован в работе [Бочарников, 2014]. В этой связи мы обращаем внимание на сохранившиеся очень крупные, даже по мировым меркам, природные ландшафты, занимающие огромные и удалённые от основной зоны расселения территории Российской Федерации. Зарубежный алгоритм был использован как хорошо апробированное средство получения территориальных оценок с помощью стандартных количественных расчётов на базе геоинформационных технологий и геопространственного моделирования, в итоге наглядно показывающее крупные участки «бездорожной» и «ненаселённой» территории и её противоположность — антропогенно-нарушенные территории или «антропогенные ландшафты».

Современная суть ГИС состоит в обеспечении сложнейших процедур работы с сетевыми данными в режиме реального времени в «облачных» и «веб-приложениях» Интернет коллективного пользования. Это позволяет размещать и совмещать отдельные тематические карты послойно, используя для расчётов многочисленные атрибутивные данные как из цифровой базы данных, так и из карт, существующих в традиционном бумажном виде [Лурье, 2012].

В нашей работе применялся алгоритм предварительного расчёта (использование автоматизировано-оценочного способа «грубого фильтра») для показа ненаселённой территории. В этих расчётах, используя стандартные возможности ГИС — буферизацию, были показаны зоны наиболее вероятного антропогенного «проникновения» различных форм ведения хозяйственной деятельности посредством стандартного показа полосы или диаметра от линейных и полигональных объектов инфраструктуры, как пространственные модели вероятных очагов антропогенного влияния.

Разнообразие природных условий Камчатки детерминирует сложную динамику и смену состояний популяций животных и биотических сообществ, воздействует на состояние экосистем, предопределяет условия существования видов и экосистем,

биологическую продуктивность и неоднородность размещения жизни. Всё более заметно проявляющийся синергизм антропогенной нагрузки, сопутствующий росту «пятен нарушений», с разрушением коренных сообществ чужеродными видами обеспечивает в конечном итоге непоправимое нарушение экологического равновесия [Фридман, 2016].

Можно уверенно заявить, что выявленные закономерности и сделанные описания своеобразия природных комплексов этого обширного региона всегда будут нуждаться в уточнении и детализации, однако следует отметить, что разрушение природных ландшафтов происходит автокатолически с того момента, когда масштабы антропогенной нагрузки начинают превышать допустимые пределы, обеспечивающие целостность и естественность их функционирования. В этой связи для получения адекватной оценки по степени сохранности естественной природной среды на территории Камчатского края нами была взята минимальная площадь дикой природы в 100 км².

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

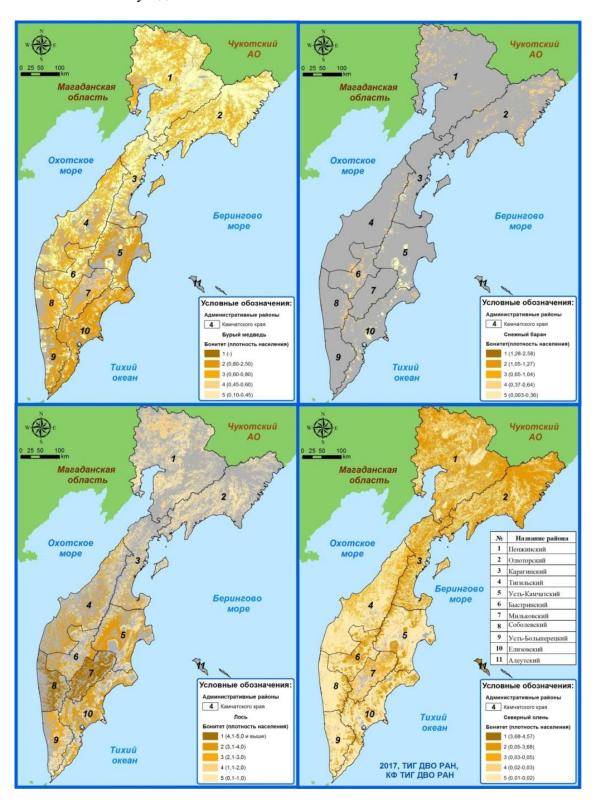
Американский классик природоохранной стратегии Олдо Леопольд отмечал, что «дикая природа» обеспечивает понимание некого стандарта, которому должны соответствовать естественные «здоровые» земли, и именно при их выделении таковые должны быть эталоном для организации «реставрационных» проектов по восстановлению нарушенных человеком территорий [Nash, 2001]. Вполне логичным предстает вопрос: в какой степени выполняет функцию сохранения природной среды ныне существующая система особо охраняемых природных территорий?

Образцами фиксирования участков дикой природы за рубежом выступают территории, населённые общинами коренных малочисленных народов, сохранивших традиционный образ жизни, и имеющие рекреационные возможности, близкие к «примитивному» природно-ориентированному туризму, с минимальной инфраструктурой и строгими условиями осуществления рекреации. Эти территории могут также быть рассматриваемыми в качестве «дикой природы» в определённых обстоятельствах.

Вполне очевидно, что мозаика нарушений предстаёт наиболее непредсказуемой и быстро меняющейся вокруг населённых пунктов, прежде всего крупных городов, жизнедеятельность которых требует больших объёмов природных ресурсов, и в качестве обратной связи генерирует сложный характер антропогенных нарушений широкого спектра - от изменения качественного состава отдельных элементов природной среды (загрязнение атмосферы, почвы, воды, биоты) до прямой трансформации природной среды, вызывающей деградацию функциональных свойств природных ландшафтов и потери экосистемных услуг; происходит подрыв исторически сукцессионных биогеоценотических естественных природных систем. принципиальное значение имеет природоохранная сохранность, что можно отметить для «бездорожных» территорий. Рассматривая необходимость некого функционального зонирования в пределах территории Камчатки, отметим также достаточно детальный объём информации, позволяющий основываться, например, на охотоведческих работах, в частности на расчётах бонитетов охотничьих животных и определения качества охотничьих угодий (рис. 1).

Картографирование бездорожных и ненаселённых участков является важным, но не единственным способом идентификации дикой природы. В наши задачи не входило намерение исправлять ранее принятые границы крупных физико-географических единиц или корректировать имеющиеся ландшафтные карты; мы полагали необходимым лишь визуализировать актуальную степень антропогенного воздействия, рассчитать и показать эти результаты, вычленяя, зонируя и отделяя территории с высоким уровнем антропогенной трансформации от крупных участков территории, сохранивший высокий природный потенциал. На территории края сформировалось три основных транспортных коридора, к которым приурочены и основные коммуникационные и энергетические линии.

Не все эти территории не попадают под критерии крупных бездорожных участков, что нередко фиксируется для территорий, популярных в рекреационных целях либо имеющих высокую природоохранную значимость, и, как правило, такие территории являются лучшими охотничьими угодьями.



Puc. 1. Бонитеты охотничьих животных Камчатки Fig. 1. Bonitets of hunting animals of Kamchatka

Известно, что значительной антропогенной нагрузке на территории Камчатского края подвержены экосистемы Авачинской губы с агломерацией городов Петропавловска-Камчатского, Вилючинска и Елизово, а также долины реки Камчатки, где сосредоточена основная часть населения, предприятия рыбного, сельского и лесного хозяйства. Густота дорожной сети составляет 3,26 на 1000 км<sup>2</sup>, протяжённость автодорог в Камчатском крае составляет 8524 км. Особую роль играют территории, где сохранились традиционные местообитания коренных малочисленных народов. Здесь также очевидно, что: во-первых, даже при обосновании системы федеральных ООПТ не принимается во внимание необходимость сохранения крупных участков естественных природных ландшафтов; вовторых, требуется осмыслить необходимость введения должного природоохранного статуса для крупных участков дикой природы, как это успешно осуществляется американцами на Аляске; в-третьих, необходимо действовать в условиях, когда официальный фокус рекреационной деятельности в нашей стране «переносится» на территории ООПТ всех типов. При этом очевидно, что крупные участки дикой природы следует использовать для поддержания потенциала рыбного, лесного и охотничьего хозяйства, но в отличии от прежних схем, следует по американскому примеру сделать их соответствующей «резервной» природоохранной сетью.

Главной задачей, которую мы ставили в данном инициативном проекте, было выявление и картографирование крупных целостных участков дикой природы на территории Камчатки. Всего было выделено шесть таких участков; для каждого удалось сделать тематическое обобщение, которое позволяет понять, чем они похожи (рис. 2). «Восточно-Камчатский горный» крупный массив дикой природы занимает наиболее сохранившуюся от антропогенного воздействия высокогорную часть Восточного хребта, в том числе территорию памятника Всемирного природного наследия «Вулканы Камчатки». От населённой Елизовско-Петропавловско-Камчатской агломерации с юга участок отделён высокогорной частью природного парка Налычево. С юго-запада следует исключить освоенный участок бассейна реки Жупанова, на тихоокеанском побережье — заповедные участки рек Кроноцкая, Тюшевка, Богачевка. Северная и западная границы этого участка дикой природы проходят в отступлении от нижнего и среднего течения самой крупной реки полуострова — Камчатки.

Самый ближний от наиболее населённых районов Камчатки крупный участок дикой природы «Южный горный массив» расположен на крайней южной оконечности полуострова. Вся бездорожная территория совпадает с незатронутыми хозяйственным освоением горно-вулканических системами; на побережье Охотского моря были исключены рыбопромышленные басссейны рек Камбальная, Озёрная, Голыгина; включены большая горная часть территории Южно-Камчатского природного парка, в том числе озеро Ключевое в центральной части и бассейны рек Правая Ходутка, Асача, Мутная на восточном побережье. С севера данный участок ограничен территорией вулкана Сопка Опала, с верховьями стекающих в оба побережья горных рек и узкой полосой к северозападу к сопке Горелая.

«Южная часть Срединного хребта» – третий крупный участок дикой природы – расположен практически симметрично второму, но заметно отличается по своей конфигурации, составляя один крупный целостный бездорожный массив к юго- и северовостоку от посёлка Соболево, который соединяется узким перешейком и извилистыми по своим границам и небольшими по площади высокогорными территориями северной части Срединного хребта. Как отдельные кластеры дикой природы можно выделить два достаточно крупных горных массива, включающих среднее и верхнее течение рек Анава, Быстрая, Белоголовая, а также Быстринский природный парк.

Крупный участок дикой природы, четвёртый по нашей классификации, носит название «Северная часть Срединного хребта». Данное название вполне соответствует его географическому местоположению, хотя протяжённость высокогорной центральной части

составляет более 150 км. Южная граница проходит по бассейнам рек Тигиль, Киревна, Калгауч; на севере граница проходит по бассейну реки Карага.

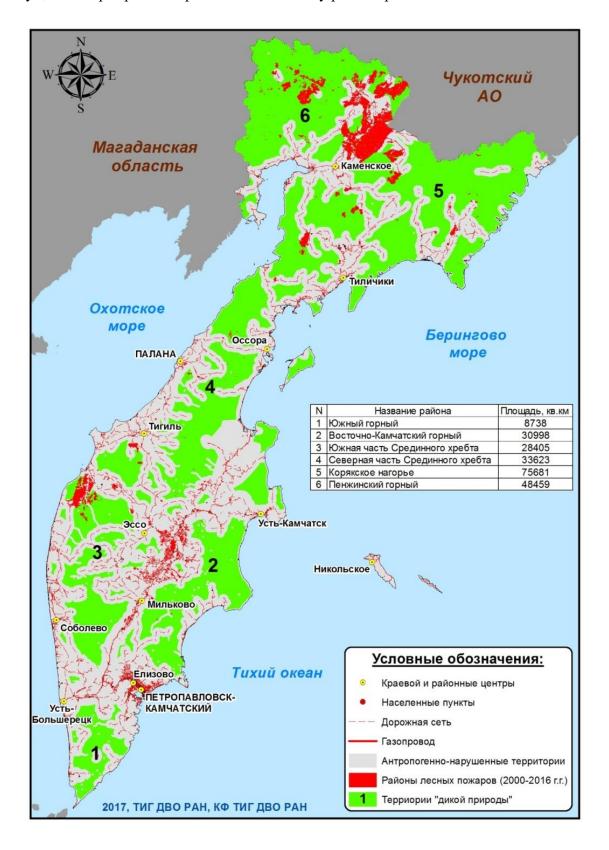


Рис. 2. Крупные целостные участки дикой природы Камчатки Fig. 2. Large integral wilderness areas of Kamchatka

Пятый крупный целостный участок дикой природы «Восточно-Камчатский горный» занимает крупную приграничную с Чукотской высокогорную территорию Камчатского края. Центром её является ряд водораздельных хребтов, хотя большинство рек, впадающих в Олюторский залив, также характеризуется высокой степенью природной сохранности.

Если вспомнить известную аналогию с «хвостовыми плавниками», наглядно представляющую Корякское нагорье, то последний, шестой по нашей нумерации, участок дикой природы представляет северо-восточную часть Камчатского края, разделяющего два других административных субъекта — Магаданскую область и Чукотский автономный округ. Эта территория включает в большинстве своём бассейн реки Пенжина.

Три достаточно крупных участка дикой природы, не получивших своих названий, размещаются в пределах узкого перешейка полуострова Камчатка. Но между собой эти участки сильно различаются по природным условиям, хотя два из них в своих западных границах расположены вдоль Пенжинской губы.

Один из них представляет собой бездорожные высокогорные участки с прилежащими территориями сильно заболоченного Парапольского дола, в то время как два других объединяют низменные водно-болотные угодья и Пенжинскую горную гряду. Орографически все они относятся к Корякскому нагорью. Нами было выявлено, что ныне, кроме заповедника, существующая сеть ООПТ Камчатки не имеет заметной сопряжённости с обеспечением охраны ненарушенных территорий. В то же время выполненная нами оценка степени представленности крупных участков дикой природы на территории существующих ООПТ (табл. 1) показывает, что площадь бездорожных территорий достаточно высока только для территории Кроноцкого заповедника, в то время как на сопредельных территориях, в том числе в охранной зоне заповедника, также как и в пределах заказников федерального и регионального значения, крупные участки дикой природы составляют лишь около пятой части их территории.

Табл. 1. Соотношение площадей дикой природы на особо охраняемых природных территориях и за их пределами Table 1. Wilderness areas ratio within specially protected natural areas and beyond

№	Типы ООПТ	Площадь ООПТ, га	Площадь ДП, га	Площадь ДП, %
1.	Заповедник	1375305	833435	60.6
2.	Охранная зона заповедника	62198	0	0.0
3.	Заказник	984632	211364	21.5
4.	Природный парк	2533052	687352	27.1
5.	Водно-болотное угодье	2099076	1216104	57.9
	Итого:	7054263	2948255	41.8

#### выводы

Можно отметить, что в дикой природе Камчатки продолжает сохраняться хорошо представленная естественная смена высотных поясов: гляциально-нивальные комплексы сменяются тундрово-альпийско-луговыми, контактирующими с поясом кедровых стлаников, переходящих ниже по склонам среднегорий в леса из каменной берёзы с участками высокотравных лугов. Большинство труднодоступных высокогорных, горнотаёжных и прибрежных территорий имеет высокий уровень сохранения естественной природной среды, однако нами установлено, что все крупные целостные участки дикой природы не имеют статуса, который позволял бы надеяться, что данные территории будут сохраняться в долгосрочной перспективе.

Наш эколого-географический анализ сходства показал, что по физикогеографическим характеристикам наиболее сохранившихся крупных горных и лесных экосистем Камчатского края в пределах шести наиболее крупных районов дикой природы основную роль в сохранении природной среды играет транспортная недоступность; однако показатели «бездорожья» должны уточняться расчётами фактической доступности территорий снегоходным, авиационным, речным и морским транспортом, что предопределяет необходимость продолжения данных работ в регионе.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РГО – проект по теме «Монография-атлас «Камчатка: от Крашенинникова до наших дней... (основные этапы трёхсотлетнего изучения и освоения)».

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Geographical Society – project on the topic "Monograph-Atlas "Kamchatka: from Krasheninnikov to the present days... (the main stages of three hundred years of study and development)".

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Ананьев Г.С., Леонтьев О.К. Геоморфология материков и океанов. М.: Издательство Московского университета, 1987. 275 с.
- 2. *Бочарников В.Н.* Междисциплинарный подход к проблеме «природа-общество-человек». Владивосток: Изд-во Морского государственного университета имени адм. Г.И. Невельского, 2014. 332 с.
- 3. Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биогеография. М.: Просвещение, 1978. 270 с.
- 4. Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Азиатская часть. М.: Географгиз, 1970. 543 с
- 5. *Емельянов И.Г.* Принципы структурно-функциональной организации и эволюция экосистем. Автореферат на соискание уч. степени д. б. наук. Киев, 1994. 51 с.
- 6. *Лурье И.К.* Интеграция методов и технологий картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в географическом картографировании: концепции и их реализация. Современная географическая картография. М.: Дата+, 2012. С. 8–20.
- 7. Фридман В.С. Глобальный экологический кризис. М.: ЛЕНАНД, 2017. 448 с.
- 8. Ecological principles of nature conservation: Application in temperate and boreal environments. Ed. by L. Hansson. London; New York: Elsevier appl. science, Cop., 1992. 436 p.
- 9. Nash R. Wilderness and the American Mind. New Haven: Yale University Press, 2001. 413 p.

#### REFERENCES

- 1. *Ananiev G.S.*, *Leontyev O.K.* Geomorphology of continents and oceans. Moscow: Moscow University Press, 1987. 275 p. (in Russian).
- 2. *Bocharnikov V.N.* Nature-Society-Man. The Problem Interdisciplinary Research Approach. Vladivostok: Publishing house of Marine State University, 2014. 223 p. (in Russian).
- 3. Ecological Principles of Nature Conservation: Application in temperate and boreal environments. Ed. by L. Hansson. London; New York: Elsevier appl. science, Cop., 1992. 436 p.
- 4. *Emelyanov I.G.* Principles of structural and functional organization and evolution of ecosystems. Abstract for the degree of Dr. of Biol. Sciences. Kiev, 1994. 51 p. (in Russian).
- 5. Fridman V.S. Global ecological crisis. Moscow: LENAND, 2017. 448 p. (in Russian).
- 6. *Gvosdetskii N.A.* Physic geography of the USSR. Asian part. Moscow: Geographgiz (Geographic State Publishing House), 1970. 543 p. (in Russian).

- 7. Lur'ye I.K. Integration of methods and technologies of cartography, geoinformatics and aerospace sensing in geographical mapping: concepts and their implementation. Modern geographical cartography. Moscow: Data+, 2012. P. 8–20 (in Russian).
- 8. Nash R. Wilderness and the American Mind. New Haven: Yale University Press, 2001. 413 p.
- 9. Vtorov P.P., Drozdov N.N. Biogeography. Moscow: Enlightenment, 1978. 270 p. (in Russian).

УДК 910.1+528.946

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-321-329

М.В. Грибок<sup>1</sup>, Т.Ю. Горбунова<sup>2</sup>

#### РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ГИС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

#### **АННОТАЦИЯ**

Применение геоинформационных технологий открывает обширные возможности для исследований эстетической ценности ландшафтов. Целью данной работы является разработка концепции и описание основных функций ГИС, предназначенной для поддержки исследований эстетической ценности природных ландшафтов. Апробация функций проектируемой ГИС осуществляется на примере территории Юго-Восточного Крыма, где ранее одним из авторов проведена оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов с использованием опросных данных.

На основе результатов анализа алгоритма и этапов собственного исследования, а также анализа других отечественных и зарубежных научных работ по теме оценки эстетических свойств ландшафтов с использованием геоинформационных технологий определён набор базовых функций проектируемой ГИС. Первый блок функций предназначен для формирования информационного базиса для исследования эстетической ценности ландшафта. Второй блок включает непосредственно функции оценки эстетической ценности ландшафта. В зависимости от имеющихся данных, пользователь сможет выбрать или самостоятельно сформировать из отдельных параметров оценочную шкалу, задать способы оценки и пороговые значения по каждому параметру. В случае выбора способа оценки на основе опросных данных, система обеспечит поддержку доступа экспертов к анкете и материалам для оценки, а также сбор и анализ данных анкетирования. И, наконец, блок визуализации обеспечит функцию наглядного отображения результатов оценки эстетической ценности ландшафта, локализованных в точках или на площадях.

Разрабатываемая ГИС сможет оказывать геоинформационную поддержку на всех этапах исследования – от ввода базовых слоёв и выбора контрольных точек до визуализации результатов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** эстетическая ценность, эстетическая привлекательность, ГИС, ландшафт, геоинформационная поддержка

Marina V. Gribok<sup>3</sup>, Tatiana Yu. Gorbunova<sup>4</sup>

### DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF GIS FOR RESEARCH OF THE AESTHETIC VALUE OF NATURAL LANDSCAPES

#### **ABSTRACT**

The use of GIS technologies opens up extensive opportunities for research on the aesthetic value of landscapes. The aim of this work is to develop a concept and description of the main functions of GIS, designed to support the study of the aesthetic value of natural landscapes. Testing

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* gribok.marina@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Институт морских биологических исследований имени А.О. Ковалевского РАН, 299011, просп. Нахимова, д. 2, 299011, Севастополь, Россия, *e-mail*: **gorbunovatyu@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* gribok.marina@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> The A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, 299011, 2 Nakhimov ave., 299011, Sevastopol, Russia, *e-mail:* **gorbunovatyu@gmail.com** 

of functions of the projected GIS is carried out on the example of the South-Eastern Crimea, where earlier one of the authors assessed the aesthetic value of landscapes using polling data.

Based on the results of the analysis of stages and the algorithm of their own research, as well as the analysis of other domestic and foreign scientific works on the evaluation of aesthetic properties of landscapes using GIS technologies defined set of basic functions of the projected GIS. The first block of functions is designed for creation of the information basis for the study of the aesthetic value of landscapes. The second block includes functions of assessing the aesthetic value. Depending on the available data, user will be able to choose or independently form an evaluation scale from individual parameters, set evaluation methods and thresholds for each parameter. If the method of evaluation is chosen on the basis of polling data, the system will support the access of experts to the questionnaire and materials for evaluation, as well as the collection and analysis of survey data. Finally, the visualization block will provide a function of visual display of the assessment results, localized in points or in areas.

The developed GIS will be able to provide geographic information support at all stages of the study – from the input of the base layers and the selection of control points to the visualization of results.

**KEYWORDS:** aesthetic value, aesthetic appeal, GIS, landscape, GIS support

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Различные методы оценки эстетической привлекательности ландшафта в настоящее время активно применяются для решения разнообразных задач, связанных в основном с рекреационной деятельностью. Это может быть разработка туристических маршрутов, размещения туристской инфраструктуры, проектирование строительства объектов, нарушающих или подчёркивающих эстетическую ценность ландшафта, или другие задачи [Дирин, 2004].

Обширные возможности для исследований в данной области открывает применение геоинформационных технологий. С их помощью может осуществляться обеспечение инструментами сбора и хранения исходных данных, которые могут использоваться при оценке эстетической ценности, анализ данных с применением различных оценочных шкал и алгоритмов, а также наглядная визуализация результатов исследования.

Целью данной работы является разработка концепции и описание основных функций ГИС, предназначенной для поддержки исследований эстетической ценности природных ландшафтов на разных масштабных уровнях. Апробация функций проектируемой ГИС осуществляется на примере территории Юго-Восточного Крыма, где в 2015 году одним из авторов [Горбунова и др., 2017] проведена оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов с использованием опросных данных.

В исследованиях эстетической ценности ландшафтов выделяется два основных объективистский, предполагающий выявление объективных критериев подхода: эстетической привлекательности через анализ физиономических характеристик ландшафта, и субъективистский, при котором объектом для анализа становятся не элементы ландшафта, а эстетические предпочтения групп людей [Дирин, Попов, 2010]. Выбор подходов, способов оценки и оценочных шкал зависит от имеющихся данных на исследуемую территорию, возможностей их сбора, индивидуальных особенностей местности, задач исследования и многих других факторов.

Подходы к оценке эстетической ценности ландшафтов существенно различаются при исследованиях на разных масштабных уровнях. Как отмечают Б.И. Кочуров и Н.В Бучацкая [2007], «существуют два основных направления при изучении эстетических ресурсов. Первый — это оценка пейзажей на ограниченной территории, в основном при маршрутном движении, где используется множество показателей, не только характеризующих свойства ландшафта, но часто включающих эмоциональную составляющую. Такая методика оценки

применима для небольших территорий, в основном полифункциональных, имеющих различный природоохранный статус, где большой упор делается на природную составляющую ландшафта. <...> Второе направление — это, по сути, инвентаризационный анализ больших территорий, которые включают в себя не только природную составляющую, но и существующую реальность преобразованного человеком ландшафта (элементы антропогенного ландшафта). Данное направление даёт возможность применить геоэкологический подход к эстетической оценке территории и планированию тех или иных видов деятельности, позволяет производить комплексную визуально-эстетическую оценку ландшафтов с учётом природных и этнокультурных особенностей территории».

На основе анализа отечественных и зарубежных работ по методике исследований эстетических свойств природных ландшафтов выявлены следующие алгоритмы оценки эстетической ценности отдельных параметров ландшафта:

- 1. Оценка проводится программным методом при помощи определённого алгоритма, параметрами которого являются свойства ландшафта на заданной площади или в заданной точке (например, высота, экспозиция склона, площадь обзора, залесённость и так далее).
- 2. Оценка проводится с привлечением опросных данных как правило, по предоставленным респондентам фотографиям местности.
- 3. Оценка проводится с использованием как объективистского, так и субъективистского подхода. Они могут применяться для оценки разных параметров исследуемого ландшафта либо для контроля оценки одних и тех же параметров.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения базового набора функций проектируемой ГИС рассмотрим исследование пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма, проведённое ранее [Горбунова и др., 2017].

Оцениваемые параметры ландшафта выбраны согласно шкале, разработанной Д.А. Дириным [2004] для горных территорий, с некоторой корректировкой набора параметров в связи с особенностями исследуемой местности. Таким образом, в оценочную шкалу включены следующие 10 параметров:

- 1. Плотность границ между визуально различимыми урочищами в пределах ландшафтного выдела;
- 2. Разнообразие структурно- и вещественно-разнородных элементов;
- 3. Цветовая гамма;
- 4. Наличие и количество пейзажно-композиционных узлов;
- 5. Наличие и количество пейзажно-композиционных осей;
- 6. Наличие пейзажных кулис;
- 7. Глубина и разнообразие перспектив;
- 8. Залесённость территории;
- 9. Наличие водных объектов;
- 10. Антропогенная трансформация.

В качестве основной оцениваемой единицы выступал пейзаж – визуальная картина, открывающаяся из определённой точки местности. Для выделения оцениваемых пейзажей в пределах каждого ландшафтного контура исследуемой территории закладывались «контрольные точки». Обозреваемое из этих точек пространство соответствует оцениваемым пейзажам. Оценка, полученная для точки, распространяется на весь ландшафтный контур, в котором находится данная точка. Выбор точек основывался на оценке зоны видимости при помощи инструмента Viewshed в программе ArcGIS 10.2. Фрагмент базы данных, сформированной по результатам проведённого исследования, представлен на рис. 1.

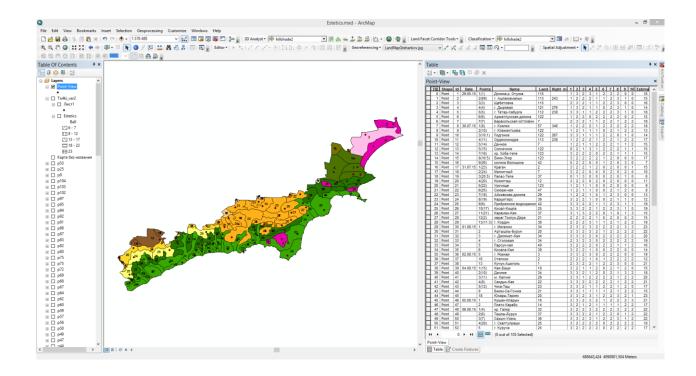


Рис. 1. Фрагмент базы данных по оценке эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма

Fig. 2. Fragment of the database on assessment of aesthetic value of landscapes of South-Eastern Crimea

Полученные интегральные значения корректировались оценками экспертов, которым необходимо было присвоить ранг ценности на основе панорамных фотографий, сделанных из контрольных точек. В их число вошли 50 человек следующих профессий: географы, биологи, художники и фотографы. Каждому из экспертов были продемонстрированы 106 фотопанорам местности, снятых с контрольных точек.

На основе собранных анкетных данных были рассчитаны суммы баллов согласно критериям, обозначенным в используемой шкале. В результате выявлено 5 групп ландшафтов по степени их пейзажно-эстетической ценности: наиболее ценные, высокоценные, среднеценные, малоценные и наименее ценные. Контрольные точки и их параметры оценки нанесены на карту, а затем осуществлён переход от точек к площадям — ландшафтным выделам. В качестве «ключа» при переходе от точек к площадным объектам были использованы группы местностей (окоёмы), представленные на ландшафтнотипологической карте Крыма Г.Е. Гришанкова [Современные ландшафты..., 2009].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основе результатов анализа алгоритма и этапов оценки пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма с позиции автоматизации в среде ГИС, а также анализа других отечественных [Павлова, Черкашин, 2009; Саранча, 2010; Колбовский, 2011; Гармс и др., 2013; Бибаева, Макаров, 2018] и зарубежных [Fourie, 2005; Wu et al., 2006, Vargues, Loures, 2008; Ward, Snoberger, 2009; Roth, Gruehn, 2012; Frank et al., 2013; Othman, 2015] научных работ об исследованиях эстетических свойств ландшафтов с использованием геоинформационных технологий определён набор базовых функций проектируемой ГИС, который представлен на рис. 2.

# 1. Ввод, хранение и обеспечение доступа к данным Загрузка слоев и материалов для оценки: Определение набора контрольных — ЦМР точек ДДЗ и другие растровые слои визуально, исходя — базовые векторные слои из имеющихся фотографии условий, ограничений и т.п. геолокации пользователей по заданному алгоритму 2. Оценка эстетической ценности ландшафта Загрузка и настройка оценочных шкал (наборов оцениваемых параметров) Выбор способов оценки для каждого из параметров Оценка с использованием Оценка с использованием настраиваемого опросных данных алгоритма в среде ГИС формирование экспертной анкеты — определение алгоритмов оценки — обеспечение доступа экспертов выбранных параметров к анкете и материалам для оценки — определение пороговых значений возможность перехода в режим по параметрам виртуальной географической среды — расчет интегральных оценочных – сбор результатов анкетирования значений Расчет итоговых оценочных значений по заданному алгоритму 3. Визуализация результатов оценки Настройка значков или локализованных диаграмм для точечных оценочных значений Настройка способов изображения для значений, локализованных на площадях алгоритм перехода от точек к площадям — выбор площадных способов изображения настройка визуализации

Рис. 2. Функциональная схема проектируемой ГИС для поддержки исследований эстетической ценности природных ландшафтов Fig. 2. Functional scheme of the projected GIS for support the research of aesthetic value of natural landscapes

<u>Первый блок функций ГИС</u> предназначен для формирования информационного базиса для исследования эстетической ценности ландшафта. Он включает прежде всего загрузку базовых и дополнительных слоёв, которые будут использоваться для оценки: цифровую модель рельефа, данные дистанционного зондирования, другие растровые слои (например, отсканированную ландшафтную или топографическую карту), базовые

векторные слои (растительность, гидрография, дорожная сеть, границы ООПТ и другие). Отдельно отметим такие данные, как геолокализованные фотографии (в том числе это могут быть ссылки на внешние источники – например, Яндекс-панорамы), а также локализации пользователей соцсетей или других ресурсов, включая содержащие отзывы или какие-либо записи о точках посещения. В последние несколько лет данные такого рода активно используются для оценки эстетической и туристической привлекательности территорий [Figueroa Alfaro, Tang, 2017; García-Palomares et al., 2015; Грибок, 2018].

**Второй блок** включает непосредственно функции оценки эстетической ценности ландшафта. При этом пользователь, в зависимости от имеющихся данных, загруженных в предыдущем блоке, сможет выбрать или самостоятельно сформировать из отдельных параметров оценочную шкалу, задать способы оценки и пороговые значения по каждому параметру. В случае выбора способа оценки на основе опросных данных система обеспечит поддержку доступа экспертов к анкете и материалам для оценки (фотографиям или другим данным), а также сбор и анализ данных анкетирования.

И, наконец, <u>блок визуализации</u> обеспечит функцию наглядного отображения результатов оценки эстетической ценности ландшафта, локализованных в точках или экстраполированных на площади. Алгоритм перехода от точек к площадям также должен быть задан пользователем. Результатом визуализации оценочных значений эстетической ценности ландшафта станет геоинформационная модель, которая сможет служить наглядным материалом для дальнейшего анализа и инструментом поддержки принятия решений для рекреационных, природоохранных и других задач с позиции устойчивого развития территорий.

#### выводы

При разработке проекта универсального геоинформационного обеспечения, предназначенного для оценки и анализа эстетической ценности ландшафтов, необходимо учитывать высокий уровень вариативности в проведении анализа для разных масштабов, типов территорий, имеющихся исходных данных и возможностей их сбора, а также разных решаемых задач. Предлагаемая функциональная схема является первым этапом разработки ГИС, предназначенной для поддержки широкого круга исследований эстетической ценности ландшафтов.

Разрабатываемая ГИС сможет оказывать геоинформационную поддержку на всех этапах исследования—от ввода базовых слоёв и выбора контрольных точек до визуализации результатов. При этом пользователь, в зависимости от типа территории и конкретных задач исследования, сможет выбирать необходимые исходные данные, составляющие оценочной шкалы, способы и алгоритмы оценки, регулировать пороговые значения оцениваемых параметров, а также способы визуализации.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-35-00160.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, № 18-35-00160.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Бибаева А.Ю., Макаров А.А.* Применение ГИС для расчёта комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов. Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле, 2018. Т. 24. С. 17–33. DOI: 10.26516/2073-3402.2018.24.17.
- 2. Гармс Е.О., Хромых В.В., Сухова М.Г. Использование ГИС в оценке геоморфологических ресурсов для целей рекреации (на примере трансграничного горного Алтая). Современные

- проблемы науки и образования, 2013. № 6. Электронный ресурс: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11209 (дата обращения 28.02.2019).
- 3. *Горбунова Т.Ю.*, *Горбунов Р.В.*, *Ключкина А.А.* Оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма. Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология, 2017. Т. 3 (69). № 3–2. С. 237—249.
- 4.  $\Gamma$ рибок M.В. О возможности использования данных о геолокациях фотографий в исследованиях туристической привлекательности придорожных ландшафтов (на примере Чуйского тракта). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 1. С. 588–595. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-588-595.
- 5. Дирин Д.А. Подходы к оценке эстетических ресурсов горных ландшафтов (на примере бассейна р. Мульта). Ползуновский вестник, 2004. № 2. С. 67–75.
- 6. Дирин Д.А., Попов Е.С. Оценка пейзажно-эстетической привлекательности ландшафтов: методологический обзор. Известия Алтайского государственного университета, 2010. № 3. С. 120–124.
- 7. *Колбовский Е.Ю*. Эстетическая оценка ландшафтов: проблемы методологии. Ярославский педагогический вестник, 2011. № 4. Т. 3 (Естественные науки). С. 161–166.
- 8. *Кочуров Б.И., Бучацкая Н.В.* Оценка эстетического потенциала ландшафтов. Юг России: экология, развитие, 2007. Т. 2. № 4. С. 25–34. DOI: 10.18470/1992-1098-2007-4-25-34.
- 9. Павлова А.Ю., Черкашин А.К. Системно-геоинформационный анализ эстетического образа ландшафта (на примере Байкала). Информационные и математические технологии в науке и управлении: труды XIV Байкальской Всеросс. конф. Иркутск: Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева СО РАН, 2009. Т. 2. С. 52–63.
- 10. Саранча М.А. Визуально-эстетическая ценность ландшафтов Удмуртии: оценка с использованием ГИС. Географический вестник, 2010. № 2. С. 24–28.
- 11. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий. Ред. Е.А. Позаченюк. Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. 672 с.
- 12. Figueroa Alfaro R.W., Tang Zh. Evaluating the aesthetic value of cultural ecosystem services by mapping geo-tagged photographs from social media data on Panoramio and Flickr. Journal of Environmental Planning and Management, 2017. V. 60. Iss. 2. P. 266–281. DOI: 10.1080/09640568.2016.1151772.
- 13. *Fourie R*. Applying GIS in the evaluation of landscape aesthetics. Thesis. Master of arts (Geography and Environmental Studies). Stellenbosch, 2005. 70 p.
- 14. Frank S., Fürstb C., Koschkea L., Witta A., Makeschin F. Assessment of landscape aesthetics Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty. Ecological Indicators, 2013. V. 32. P. 222–231. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.03.026.
- 15. *García-Palomares J. C., Gutiérrez J., Minguez C.* Identification of tourist hot spots based on social networks: a comparative analysis of European metropolises using photosharing services and GIS. Applied Geography, 2015. V. 63. P. 408–417.
- 16. *Othman J.* Assessing scenic beauty of nature-based landscapes of Fraser's Hill. Procedia Environmental Sciences, 2015. No 30. P. 115–120. DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.020.
- 17. *Roth M.*, *Gruehn D.* Visual landscape assessment for large areas using GIS, internet surveys and statistical methodologies in participatory landscape planning or the federal state of mecklenburg-western Pomerania, Germany. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section A: Human and Social Sciences, 2012. P. 129–142.
- 18. Vargues P., Loures L. Using Geographic Information Systems in Visual and Aesthetic Analysis: the case study of a golf course in Algarve. Wseas transactions on environment and development, 2008. Iss. 9. V. 4. P. 774–783.
- 19. Ward K., Snoberger N. Assessment of landscape scenic quality in the Angelina National Forest, Texas using GIS and high-resolution digital imagery. San Antonio 2009 ASPRS-MAPPS

Fall Conference Proceedings, 2009. Электронный ресурс: https://www.asprs.org/wp-content/up-loads/2010/12/Ward.pdf (дата обращения 18.02.2019).

20. Wu Y., Bishop I., Hossain H., Sposito V. Using GIS in landscape visual quality assessment. Applied GIS, 2006. V. 2. No 3. P. 18.1–18.20.

#### REFERENCES

- 1. *Bibaeva A.Yu.*, *Makarov A.A*. Using GIS to calculate complex indices of aesthetic assessment of landscapes. Proceedings of the Irkutsk state University. Earth Science series, 2018. V. 24. P. 17–33. DOI: 10.26516/2073-3402.2018.24.17 (in Russian).
- 2. *Dirin D.A.* Approaches to the evaluation of aesthetic resources of mountain landscapes (on the example of the river basin Multi). Polzunovsky Bulletin, 2004. No 2. P. 67–75 (in Russian).
- 3. *Dirin D.A.*, *Popov. E.S.* Assessment of landscape and aesthetic attractiveness of landscapes: methodological review. News of the Altai state University, 2010. No 3. P. 120–124 (in Russian).
- 4. *Figueroa Alfaro R.W.*, *Tang Zh.* Evaluating the aesthetic value of cultural ecosystem services by mapping geo-tagged photographs from social media data on Panoramio and Flickr. Journal of Environmental Planning and Management, 2017. V. 60. Iss. 2. P. 266–281. DOI: 10.1080/09640568.2016.1151772.
- 5. Fourie R. Applying GIS in the evaluation of landscape aesthetics. Thesis. Master of arts (Geography and Environmental Studies). Stellenbosch, 2005. 70 p.
- 6. Frank S., Fürstb C., Koschkea L., Witta A., Makeschin F. Assessment of landscape aesthetics Validation of a landscape metrics-based assessment by visual estimation of the scenic beauty. Ecological Indicators, 2013. V. 32. P. 222–231. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.03.026.
- 7. *García-Palomares J.C., Gutiérrez J., Minguez C.* Identification of tourist hot spots based on social networks: a comparative analysis of European metropolises using photosharing services and GIS. Applied Geography, 2015. V. 63. P. 408–417.
- 8. *Garms E.O.*, *Khromikh V.V.*, *Sukhova M.G.* The use of GIS in the assessment of geomorphological resources for recreation (on the example of the transboundary Altai mountains). Modern problems of science and education, 2013. No 6. Web resource: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11209 (accessed 28.02.2019) (in Russian).
- 9. *Gorbunova T.Yu.*, *Gorbunov R.V.*, *Cluckina A.A.* Assessment of landscape and aesthetic value of landscapes of South-Eastern Crimea. Scientific notes of V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology, 2017. V. 3 (69), No 3–2. P. 237–249 (in Russian).
- 10. *Gribok M.V.* On the possibility of using data on geolocated photos in the research of tourist attractiveness of roadside landscapes (exemplified by the Chuya highway). InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Petrozavodsk: KRC RAS, 2018. V. 24. Part 1. P. 588–595. DOI: 10.24057/2414-9179-2018-1-24-588-595 (in Russian, abs English).
- 11. *Kochurov B.I., Buchatskaya N.V.* Assessment of aesthetic potential of the landscape. South of Russia: ecology, development, 2007. V. 2. No 4. P. 25–34. DOI: 10.18470/1992-1098-2007-4-25-34 (in Russian).
- 12. *Kolbovsky E.Yu.* Aesthetic evaluation of landscapes: issues of methodology. Yaroslavl pedagogical Bulletin, 2011. No 4. V. 3 (Natural Sciences). P. 161–166. (in Russian).
- 13. Modern landscapes of the Crimea and adjacent waters. Ed. by E.A. Pozachenyuk. Simferopol: Business-Inform, 2009. 672 p. (in Russian).
- 14. *Othman J.* Assessing scenic beauty of nature-based landscapes of Fraser's Hill. Procedia Environmental Sciences. 2015. 30. P. 115–120. DOI: 10.1016/j.proenv.2015.10.020.
- 15. *Pavlova A.Yu.*, *Cherkashin A.K.* System-geoinformation analysis of the aesthetic image of the landscape (on the example of lake Baikal). Information and mathematical technologies in science and management: Proceedings of the XIV Baikal All-Russian Conf. Irkutsk: Institute of Energy Systems named after L.A. Melentyev SB RAS, 2009. V. 2. P. 52–63 (in Russian).
- 16. Roth M., Gruehn D. Visual landscape assessment for large areas using GIS, internet surveys and statistical methodologies in participatory landscape planning or the federal state of

mecklenburg-western Pomerania, Germany. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section A: Human and Social Sciences, 2012. P. 129–142.

- 17. *Sarancha M.A.* Visual and aesthetic value of Udmurtia landscapes: assessment using GIS. Geographical Bulletin, 2010. No 2. P. 24–28 (in Russian).
- 18. *Vargues P., Loures L.* Using Geographic Information Systems in Visual and Aesthetic Analysis: the case study of a golf course in Algarve. Wseas transactions on environment and development, 2008. Iss. 9. V. 4. P. 774–783.
- 19. *Ward K.*, *Snoberger N.* Assessment of landscape scenic quality in the Angelina National Forest, Texas using GIS and high-resolution digital imagery. San Antonio 2009 ASPRS-MAPPS Fall Conference Proceedings, 2009. Web resource: https://www.asprs.org/wp-content/up-loads/2010/12/Ward.pdf (accessed 18.02.2019).
- 20. Wu Y., Bishop I., Hossain H., Sposito V. Using GIS in landscape visual quality assessment. Applied GIS, 2006. V. 2. No 3. P. 18.1–18.20.

УДК 528.9 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-330-344

#### А.И. Ельчанинов1

# ПО ВЕЛИКОМУ ШЁЛКОВОМУ ПУТИ – ЛЕДОВОМУ ШЁЛКОВОМУ ПУТИ – ДОРОГЕ МИРА И ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

#### **АННОТАЦИЯ**

Проект по организации торговых отношений между Китаем и другими странами возник во второй половине II века до нашей эры. Караванная дорога, связывавшая Восточную Азию со Средиземноморьем в древности и в средние века, использовалась в первую очередь для вывоза шёлка из Китая. Поэтому в 1877 году немецкий географ Ф.Ф. фон Рихтгофен назвал этот маршрут, дававший возможность установления деловых контактов, культурного диалога, способствовавший взаимному обогащению крупных цивилизаций, — «Шёлковый путь». К XV веку сухопутный Шёлковый путь пришёл в упадок, стали развиваться морская торговля и мореплавание.

На настоящем этапе развития человечество осознало необходимость восстановления межгосударственного и межнационального взаимодействия, заложенного в период существования Великого Шёлкового пути.

На XXIV сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО в 1987 году был разработан проект по комплексному изучению Великого Шёлкового пути. Этот международный проект действовал по двум крупным программам ЮНЕСКО: «Окружающая человека среда, ресурсы земли и моря» и «Культура и будущее».

В последующие годы продолжалась разработка идеи воссоздания и расширения возможностей, заложенных в древности в Великом Шёлковом пути.

В 2013 году Председатель КНР Си Цзиньпин выдвинул концепцию «Нового шёлкового пути» под лозунгом «Один пояс — один путь», включающую проекты «Экономический пояс Шёлкового пути» и «Морской Шёлковый путь XXI века». В стратегию «Нового Шёлкового пути» включён проект развития Северного морского пути.

Северный морской путь – главная судоходная магистраль, проходящая по морям Северного Ледовитого океана, соединяющая европейские и дальневосточные порты, а также устья судоходных сибирских рек в единую транспортную систему Арктики.

История СМП начиналась с первых плаваний поморов. Освоение, изучение и описание морских путей российской Арктики продолжалось и далее. Развитие арктического судоходства способствовало началу промышленной разработки природных ресурсов региона. Широкомасштабное промышленное освоение арктических территорий началось в 1930-е годы.

Во время Великой Отечественной войны 1941—1945 годов ледоколы сыграли большую роль в проводке северных конвоев. Были специально переоборудованы существующие порты, построены новые полярные станции, а также развёрнуты дополнительные аэродромы. В послевоенные годы арктическое мореплавание получило дальнейшее развитие благодаря вводу в строй ледокольных судов новых классов.

В статье представлена созданная в 2018 году карта Северного морского пути, на которой показаны объекты, сооружённые в 1930–1940-е годы.

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Российский научно-исследовательский институт культурного и природного наследия им. Д.С. Лихачёва, ул. Космонавтов, д. 2, 129366, Москва, Россия, *e-mail:* **aelchaninov@mail.ru** 

В июле 2017 года во время визита в Россию председатель КНР Си Цзиньпин с президентом В.В. Путиным достигли договорённости о развитии и использовании арктического морского пути и создании Ледового Шёлкового пути – морского пути, объединяющего Северную Америку, Восточную Азию и Западную Европу.

В рамках проекта «Ледового Шёлкового пути» танкеры с продукцией «Ямал СПГ» впервые в истории прошли СМП без ледокольного сопровождения летом 2018 года и прибыли из арктического порта Саббета в китайский порт Цзянсу Жудун. Этими рейсами открыто начало регулярных поставок СПГ по Северному морскому пути.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Великий Шёлковый путь, Северный морской путь, Ледовый Шёлковый путь, дорога мира, экономическое сотрудничество, культурное наследие, картографирование

## Anatoly I. Elchaninov<sup>1</sup>

# ON THE GREAT SILK ROAD – THE ICE SILK ROAD – THE ROAD OF PEACE AND ECONOMIC COOPERATION

#### **ABSTRACT**

The project on the organization of trade relations between China and other countries arose in the second half of the II century BC. The caravan road connecting East Asia with the Mediterranean in the ancient time and to the Middle Ages was used, first of all, for export of silk from China. Therefore in 1877 the German geographer F.F. von Richtgofen called this route giving the chance for establishment of business contacts, cultural dialogue, promoting to mutual enrichment of large civilizations, – "A Silk Road". By XV century the overland Silk Road fell into decay, sea trade and navigation began to develop.

At the present stage of its development the mankind realized need of restitution of the interstate and international interaction inherent in the period of existence of the Great Silk Road.

At the XXIV session of the UNESCO General conference in 1987 the project on complex studying of the Great Silk Road was developed. This international project worked according to two large programs of UNESCO: "The environment surrounding the person, resources of the ground and sea" and "The culture and the future".

In the next years development of the idea of reconstruction and expansion of the opportunities put in the ancient times in the Great Silk Road continued.

In 2013 the Chinese President Xi Jinping put forward the concept of "A New Silk Road" under the slogan "One Belt – One Road" including the "Economic Belt of the Silk Road" and "Sea Silk Road of the XXI Century" projects. The strategy of "A New Silk Road" included the project of development of the Northern Sea Route.

The Northern Sea Route – the major navigable main passing across the seas of Arctic Ocean, connecting the European and Far East ports and also mouths of the navigable Siberian rivers into the unified transport system of the Arctic.

The history of the Northern Sea Route began with the first voyages of the Pomors. Development, studying and the description of sea routes of the Russian Arctic continued further. Development of the Arctic navigation promoted the beginning of the industrial development of natural resources of the region. The large-scale industrial development of the Arctic territories began in the 1930s.

During the Great Patriotic War of 1941–1945 ice breakers played a large role in conducting of northern convoys. The existing ports were specially converted, new polar stations are built and

<sup>-</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Russian Scientific Research Institute of Cultural and Natural Heritage after D.S. Likhachev, Kosmonavtov str., 2, 129366, Moscow, Russia, *e-mail:* aelchaninov@mail.ru

also additional airfields are developed. In post-war years the Arctic navigation gained further development thanks to the commissioning of icebreaking vessels of new classes.

The map of the Northern Sea Route on which the objects built in the 1930–1940s are shown is presented in the article.

In July, 2017 during the visit to Russia the chairman Xi Jinping with the president V.V. Putin reached the important agreement on development and use of the Arctic Sea Route and creation of the Ice Silk Road, the sea way uniting North America, East Asia and Western Europe.

Within the project of "The Ice Silk Road" tankers with production of Yamal LNG for the first time in the history went the Arctic Sea Route without icebreaking maintenance in the summer of 2018 and arrived from the Arctic port Sabbeta to the Chinese port Jiangsu Zhudong. By these flights the beginning of the regular supply of LNG across the Northern Sea Route is opened.

**KEYWODS:** Great Silk Road, Northern Sea Route, Ice Silk Road, way of the world, economic cooperation, cultural heritage, mapping

# **ВВЕДЕНИЕ**

Дороги, соединяющие различные страны Ближнего и Среднего Востока, появились уже в древние времена, охватывая всё новые и новые территории.

Проект по организации торговых отношений между Китаем и другими странами возник во второй половине II века до нашей эры. В 121 году до нашей эры первый верблюжий караван с шёлком и бронзовыми зеркалами направился к Ферганскому оазису. Начинался этот путь в столице Древнего Китая Лояне [Радкевич, 1990]. Караванная дорога, связывавшая Восточную Азию со Средиземноморьем в древности и в средние века, использовалась в первую очередь для вывоза шёлка из Китая, секрет изготовления которого в Европе был ещё не известен. Другие товары, такие как чай, фарфор, лаковые изделия также пользовались большим спросом в Европе, но главным товаром все же оставался шёлк. В 1877 году немецкий географ Ф.Ф. фон Рихтгофен (1833–1905) впервые дал название «Шёлковый путь» торговому маршруту, соединяющему три континента – Азию, Европу и Африку [Сяо, 2017; Ван, 2018]. «Шёлковый путь», пересекавший степи, моря и пустыни в древние века, давал прекрасную возможность для деловых встреч и установления деловых контактов, культурного диалога, способствовал взаимному обогащению крупных цивилизаций; поэтому эту караванную дорогу, связавшую центральные районы Китая с Европой, и назвали «Великий Шёлковый путь». Постепенно дороги уходили всё дальше на запад и восток, север и юг, охватывая всё новые и новые территории. Образовалась единая магистраль, соединившая две великие цивилизации – Западную и Восточную.

В торговле Востока и Запада бо́льшая часть товара двигалась с востока на запад. В средние века Китай торговал также фарфором и чаем. В Китай из стран Ближнего Востока и Центральной Азии поставлялись ткани из шерсти и хлопка. Из стран Южной и Юго-Восточной Азии торговцы доставляли в Европу специи и пряности, стоившие в Европе дороже золота. Значительного развития торговля по Шёлковому пути достигла в IX–XII веках.

Этот путь всегда являлся проводником не только торговли, но и культуры. С караванами вместе с торговцами ходили поэты, художники, философы, учёные, паломники. Великий Шёлковый путь сыграл большую роль в развитии экономических и культурных связей народов Передней Азии, Кавказа, Средней Азии и Китая. Он служил проводником распространения идей и инноваций, в том числе в искусстве, религии, технологии (производство шёлка, а также пороха, бумаги и тому подобного) (http://ru.wikipedia.org/wiki/Передняя Азия).

К XV веку сухопутный Шёлковый путь пришёл в упадок из-за военных конфликтов в Средней Азии, которые стимулировали развитие морской торговли и мореплавания у берегов Ближнего Востока, Южной и Юго-Восточной Азии, приведшее в перспективе к

Великим географическим открытиям.

На настоящем этапе развития человечество осознало необходимость восстановления межгосударственного и межнационального взаимодействия, заложенного в период функционирования Великого Шёлкового пути. Исследование закономерностей его формирования и влияния на мировую цивилизацию позволит создать предпосылки для его возобновления на более высоком современном уровне с целью большего территориального распространения и расширения сфер воздействия для обеспечения задач устойчивого развития всего мирового сообщества.

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для решения поставленной задачи необходимо изучение формирования, функционирования и развития Великого Шёлкового пути и Северного морского пути. Это обеспечит чётким пониманием (знанием) их составляющих, последовательности взаимодействия этих составляющих, обобщения результатов полученных данных.

Работа по изучению и использованию культурного наследия данных маршрутов включает в себя исследование исторических и архивных документов, картографических материалов, а также материалов научных экспедиций и полевых исследований, включая материалы, полученные Морской арктической комплексной экспедицией Института Наследия за последние 30 лет.

По решению, принятому на XXIV сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО в 1987 году, осуществлялся международный проект по комплексному изучению Великого Шёлкового пути. Он действовал по двум крупным программам ЮНЕСКО: «Окружающая человека среда, ресурсы земли и моря» и «Культура и будущее». Мероприятия проводились в рамках Всемирного десятилетия развития культуры, проходящего по решению ООН. Реализация проекта проходила в несколько этапов. Были экспедиции по Китаю, морская экспедиция, которая началась в Венеции и закончилась в Осаке (Япония), и несколько коротких сухопутных экспедиций. Этап «Степной путь» экспедиции ЮНЕСКО «Великий Шёлковый путь» был самым протяжённым из всех ранее пройденных сухопутных маршрутов.

**Актуальность изучения** Шёлкового пути заключается в том, что это – пример длительного мирного сосуществования между крупными цивилизациями прошлого.

**Целью проекта** ЮНЕСКО было глубокое изучение Шёлкового пути, содействие тому, чтобы народы мира осознали необходимость возобновления диалога, указание на возможности взаимопонимания, общения и обогащения различных цивилизаций, расположенных вдоль этого древнего пути.

Были осуществлены две большие экспедиции — морская и сухопутная, во время которых проводились научные семинары, встречи с общественностью, выставки и национальные праздники. Завершился проект большой международной конференцией и выставкой в Париже, в штаб-квартире ЮНЕСКО, выпуском научных и популярных публикаций, теле- и кинофильмов.

С советской стороны учредителями проекта выступали Комиссия СССР по делам ЮНЕСКО, Академия наук СССР, Советский фонд мира, Советский фонд культуры, Министерство культуры СССР, правительства и общественные организации республик Средней Азии и Казахстана.

Экспедиция по этапу «Степной путь» проходила с 19 апреля по 18 июня 1991 года. За 60 дней пути было пройдено 12,5 тыс. км; посетили 35 крупных городов от Ашхабада до Алма-Аты, осмотрели около 100 памятников, провели два крупных международных семинара в городах Хиве и Алма-Ате и около 40 ежевечерних мини-семинаров, обсудили различные вопросы и проблемы, в том числе значение Шёлкового пути как градообразующего фактора Центральной Азии. В составе экспедиции работало 115

советских учёных разных специальностей, а также 79 иностранных граждан, в том числе 55 учёных различных направлений из 24 стран.

Научными руководителями экспедиции были профессор из Пакистана Ахмед Хасан Дани и академик АН Узбекистана А.А. Аскаров.

Помимо непосредственно научной работы экспедиции, проходили многочисленные встречи её участников с деятелями культуры и искусства, народными умельцами, посещение религиозных центров, а также фольклорных фестивалей. Работа экспедиции освещалась советской и зарубежной прессой, телевидением.

Работа экспедиции ЮНЕСКО в СССР «Великий Шёлковый путь — путь диалога» завершилась международным семинаром в Алма-Ате 15-16 июня «Взаимодействие кочевых и оседлых культур на Великом Шёлковом пути».

Для решения вопроса картографического обеспечения Шёлкового пути в процессе работы экспедиции была создана международная рабочая группа по созданию карты Великого Шёлкового пути, куда был включен и автор этих строк. Автором было предложено вместо карты вести работы по созданию Туристского атласа Великого Шёлкового пути, что и нашло понимание среди организаторов экспедиции со стороны ЮНЕСКО [Ельчанинов, 1991]. Однако до настоящего времени задача картографического отображения Великого Шёлкового пути не решена.

В последующие годы продолжалась разработка идеи воссоздания и расширения возможностей, заложенных в древности в Великом Шёлковом пути.

В сентябре 2013 года Председатель КНР Си Цзиньпин во время выступления в «Назарбаев Университете» (Астана) выдвинул концепцию «Нового шёлкового пути» под лозунгом «Один пояс — один путь». Это — глобальная стратегия, включающая проекты «Экономический пояс Шёлкового пути» и «Морской Шёлковый путь XXI века». В стратегию «Нового шёлкового пути» включён проект развития Северного морского пути (СМП) (kz.chineseembassy.org/rus/zhgx/t1077192.htm.16.09.2013).

8 мая 2015 года подписано совместное заявление Президента РФ Владимира Путина и Председателя КНР Си Цзиньпина о сотрудничестве России и Китая в рамках Евразийского Экономического Союза (ЕАЭС) и трансевразийского торгово-инфраструктурного проекта экономического пояса «Шёлковый путь». Руководитель Китая выделил пять основных задач, которые призван решить ЭПШП: усиление региональной экономической интеграции, строительство единой трансазиатской транспортной инфраструктуры, ликвидация инвестиционных и торговых барьеров, повышение роли национальных валют, углубление сотрудничества в гуманитарной сфере.

На основе продолжения и развития духа древнего Шёлкового пути проект «Один пояс и один путь» призывает к выработке новых механизмов регионального экономического партнерства, стимулированию экономического процветания вовлечённых стран, укреплению культурных обменов и связей во всех областях между разными цивилизациями, а также содействию мира и устойчивого развития.

С 24 сентября по 15 октября в пекинском Музее изобразительных искусств Китая проходил 7-й Международный Пекинский фестиваль — выставка изобразительного искусства-2017. В ней приняли участие 567 художников из 102 стран. Экспонировалось более 600 произведений и 190 из них — работы китайских мастеров. Выставка была призвана стимулировать строительство «Одного пояса и одного пути» с помощью современного искусства. Главной на выставке стала тема «Шёлковый путь и мировая цивилизация».

Шёлковый путь был не только дорогой, по которой шла торговля между Востоком и Западом, но также и каналом, духовно объединяющим представителей различных религий, культур и национальностей. Караваны верблюдов не только везли с Центральной равнины шёлк, фарфор, бумагу и глубокие дружественные чувства народов Китая, но также доставляли в Китай из западных областей буддийские каноны, необычные музыкальные инструменты, изделия прикладного искусства и пряности. «Проходящая в Пекине выставка

призвана популяризировать дух Шёлкового пути, активизировать межцивилизационный обмен между странами мира и обмен знаниями, чтобы, используя формы современного искусства, стимулировать строительство «Одного пояса и одного пути», а также ускорить процесс реализации всеобщей мечты человечества — развития и мира во всём мире» [Ван, 2017].

14–15 мая 2017 года в Пекине прошёл первый Международный экономический форум «Один пояс, один путь», где присутствовали представители более 100 стран, среди которых были главы стран и правительств. На открытии форума президент России В.В. Путин сказал: «Этот исторический опыт сотрудничества и человеческого взаимопонимания важен для нас и в XXI веке. Инфраструктурные проекты, заявленные в рамках ЕАЭС и инициативы «Один пояс, один путь», в связке с Северным морским путём способны создать принципиально новую транспортную конфигурацию Евразийского континента» (www.kremlin.ru/events/president/news/54491).

11—13 сентября 2018 года во Владивостоке прошёл 4-й Восточный экономический форум. Си Цзиньпин сказал: «Дух Великого Шёлкового пути — это ценнейшее наследие человеческой цивилизации. Оно содержит в себе такие понятия, как мир и сотрудничество, открытость и инклюзивность, взаимное обучение, взаимная выгода и всеобщий выигрыш». В круг обсуждавшихся проблем участники форума включили вопросы развития Арктики и ресурсов Мирового океана, трансграничную торговлю, так как развитие — это универсальный ключ к разрешению всех проблем. Взаимосвязанная инфраструктура — основа развития сотрудничества (https://codex-cumanicus.livejournal.com/104083.html).

Северный морской путь (СМП) — до начала XX века Северо-Восточный проход — главная судоходная магистраль, проходящая по морям Северного Ледовитого океана, соединяющая европейские и дальневосточные порты, а также устья судоходных сибирских рек в единую транспортную систему Арктики. СМП включает в себя все пригодные для судоходства пути плавания из Баренцева в Чукотское море и Берингов пролив и охватывает полностью акватории арктических морей и частично Северного Ледовитого океана в пределах исключительной экономической зоны Российской Федерации, которая простирается на 200 морских миль к северу от крайних северных пунктов архипелагов и островов российского сектора Арктики [Рукша и др., 2011].

История СМП начинается с первых плаваний поморов вдоль северного побережья Кольского полуострова и в восточном направлении к Новой Земле.

В первой половине XVI века началось освоение западного участка СМП – от Северной Двины до Тазовской губы и устья Оби, получившего название «Мангазейского морского хода».

В XVII—XVIII веках русские полярные экспедиции проложили морские пути вдоль Таймыра к устью Лены. К 1627 году русскими мореплавателями сделана опись морского побережья от границы с Норвегией до устья Оби. В 1630-е годы мореходы-землепроходцы И. Ребров и И. Перфильев достигли устьев рек Оленёк, Яна и Индигирка. С именем С. Дежнёва связано освоение морского прохода от Индигирки до Колымы. Исследование русскими прибрежной полосы Северного Ледовитого океана показало возможность существования Северо-Восточного прохода.

Следующие страницы в историю освоения СМП и изучения северных морей вписали организованные по инициативе Петра I две Камчатские экспедиции. Вторая, во главе с В.И. Берингом и А.И. Чириковым, известная как Великая Северная экспедиция (1733–1743), выполнила съёмку и опись побережья от Архангельска до устья Колымы. М.В. Ломоносов в 1750-х годах первым в России теоретически доказал возможность прохода с севера на восток из Атлантического в Тихий океан. По его проекту в 1765–1766 годах была снаряжена Первая русская высокоширотная экспедиция под руководством В.Я. Чичагова. В 1820–1824 годах экспедиции Ф.П. Врангеля и П.Ф. Анжу составили карты северного побережья Чукотки. 1878–1879 годы – экспедиция А. Норденшельда на барке «Вега» впервые прошла

весь маршрут по Северо-Восточному проходу. Первое российское сквозное плавание в направлении с востока на запад, с зимовкой у полуострова Таймыр совершила гидрографическая экспедиция под руководством Б.А. Вилькицкого на ледокольных пароходах «Таймыр» и «Вайгач» в 1914–1915 годах.

После Октябрьской революции 1917 года Советское правительство стало уделять большое внимание научному изучению природных богатств Арктического региона и совершенствованию мореплавания по трассе Северного морского пути. С 1920 года по указанию В.И. Ленина крупные гидрографические работы проводились в районе Баренцева и Карского морей. Возглавлял их профессор Военно-морской академии Н.Н. Матусевич. Первое советское научное учреждение для изучения Арктики было организовано в Петрограде 4 марта 1920 года при научно-техническом отделе Высшего совета народного хозяйства (ВСНХ) и получило название Северная научно-промысловая экспедиция. 10 марта 1921 года В.И. Лениным подписан декрет о создании Плавучего морского научно-исследовательского института. В 1922 году в Архангельске было оборудовано судно «Персей», приспособленное для плавания во льдах. На этом судне работники института совершили в северных широтах 84 плавания. В 1925 году Северная научно-промысловая экспедиция была преобразована в Институт по изучению Севера, а в 1930-м — во Всесоюзный арктический институт (ВАИ). Директором института стал известный учёный и государственный деятель О.Ю. Шмидт.

В начале 1920-х годов появились попытки аннексировать отдельные острова в советском секторе Арктики, в том числе остров Врангеля и архипелаг Новая Земля. Эти попытки были решительно пресечены как специальным заявлением Советского правительства, так и рядом мероприятий, к которым, в частности, относится строительство в 1923 году радиостанции Маточкин Шар, сыгравшей большую роль в обеспечении Карских экспедиций, и организация в 1926 году поселения на острове Врангеля.

Правовой режим Советской Арктики регламентировался Постановлением Президиума ВЦИК СССР от 15 апреля 1926 года «Об объявлении территорией Союза ССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане».

Экономическое развитие северных областей и Сибири требовало новых путей сообщения. Освоение Северного морского пути стало главной задачей, и Советское правительство выделяло на это большие средства. На побережье и островах Северного Ледовитого океана создавались радиостанции, завозилось навигационное оборудование, проводилась съёмка берегов, создавались новые навигационные карты и лоции для плавания в северных морях. Первые воздушные разведки в Арктике осуществлялись полярными лётчиками Б.Г. Чухновским и М.С. Бабушкиным с 1924 года.

Советский Союз стал первой и единственной страной, активно использовавшей дрейфующие полярные станции. Каждая такая станция представляла собой установленный на дрейфующей льдине комплекс домиков, в которых жили участники экспедиций, и необходимого оборудования. Впервые такой способ исследования Арктики предложил в 1929 году В.Ю. Визе, выдающийся полярный исследователь, работавший в Арктическом и Антарктическом научно-исследовательском институте.

В 1932 году ледокольный пароход «Александр Сибиряков» совершил сквозное плавание по всей трассе СМП от Архангельска до Берингова пролива за одну навигацию. Начальником экспедиции был О.Ю. Шмидт. Этим рейсом была доказана практическая возможность судоходства по всей трассе СМП и использования ресурсов Севера [Северная энциклопедия, 2004; История исследований..., 2017].

После рейса «Сибирякова» в 1932 году вышло постановление СНК СССР об образовании Главного управления Северного морского пути. Начальником ГУСМП был назначен О.Ю. Шмидт. Управлению поручалось проложить СМП от Белого моря до Берингова пролива и обеспечивать его всем необходимым, в том числе обеспечить безопасность плавания. В последующие годы ГУСМП проводило работы по созданию

специального ледокольного флота, обеспечению навигационными картами, созданию современной инфраструктуры на протяжении всего этого пути.

Освоение арктической зоны было обусловлено военно-политическими, а также стратегическими интересами СССР. В 1933 году был основан Усть-Ленский порт, ставший потом крупнейшим арктическим посёлком Тикси, затем были построены посёлки-порты Амбарчик, Певек, Диксон, Провидения. Первоначально эти поселения носили экспедиционный характер, сезонные работы обеспечивались бесплатной рабочей силой из многочисленных близлежащих исправительно-трудовых лагерей.

В 1935 году Советский Союз официально присоединился к Парижскому договору, установив, что западная граница его полярных владений проходит по меридиану 32°04'35". Признавая суверенитет Норвегии над Шпицбергеном, СССР специальным договором закрепил за собой право на разработку угольных месторождений.

Систематическая эксплуатация Северного морского пути началась в 1935 году.

В 1937 году самолёты доставили на льдину в районе Северного полюса коллектив первой дрейфующей станции в составе начальника И.Д. Папанина, радиста Э.Т. Кренкеля, геофизика Е.К. Фёдорова и океанографа П.П. Ширшова. За 274 дня дрейфа папанинская четвёрка под названием «Северный полюс», далее «Северный полюс-1», прошла 2050 км и была снята ледокольными пароходами «Таймыр» и «Мурман» в феврале 1938 года.

Развитие арктического судоходства способствовало началу промышленной разработки природных ресурсов региона. Широкомасштабное промышленное освоение арктических территорий началось в 1930-е годы.

Экономическое значение СМП резко возросло в 30-е годы XX века в связи с необходимостью включения в промышленный оборот арктической зоны северо-восточной части России. Открытие различных месторождений полезных ископаемых на русском Севере окончательно закрепило за регионом место источника сырьевых ресурсов в экономике страны. Этот период отмечен всесторонним планомерным научным изучением Арктики, приоритетным изучением и освоением трассы СМП, созданием первых промышленных объектов, успешным развитием арктического мореплавания.

В целях обеспечения стратегического планирования и становления работ по освоению СМП при ГУСМП было создано межведомственное Бюро долгосрочных ледовых прогнозов. В этот период совершенствовались и создавались новые порты, строились аэродромы, метеостанции, а также объекты инфраструктуры и многое другое для обеспечения СМП.

Кроме некоторых экспедиций на судах ледокольного типа Арктического научноисследовательского института и Гидрографического управления Главсевморпути в 1930-х годах, вплоть до 1941 года работали специальные океанографические экспедиции. Большие работы этими отрядами были выполнены на ледокольном пароходе «Малыгин» в 1935, 1937 и 1939 годах под руководством И.А. Киреева. С созданием ледокольного флота навигация в районе СМП заметно расширилась по времени.

Наиболее значимыми плаваниями по СМП после 1935 года были: проводка военных кораблей Балтийского флота на Дальний Восток (1936), проход ледокола «И. Сталин» (1939), перевозка продовольственных и промышленных товаров из Якутии и восточной части российской Арктики.

Большую роль сыграли ледоколы в проводке северных конвоев в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 годов. В эти годы возникла необходимость снабжения развёрнутых в Арктике военных гарнизонов, а также доставки грузов из США и Канады; для этого были специально переоборудованы существующие порты, построены новые полярные станции и аэродромы.

Война изменила практику проведения навигации в Северном Ледовитом океане. В Баренцевом и Карском морях осуществлялись проводки по двум направлениям: внешние, по которым проходило плавание союзных конвоев из США и Англии через северную

Атлантику и Баренцево море в порты Мурманска и Архангельска, а также внутренние, обеспечивающие доставку грузов в порты и населённые пункты на побережье и острова арктических морей [История исследований..., 2017].

В послевоенные годы арктическое мореплавание получило дальнейшее развитие благодаря вводу в строй ледокольных судов новых классов, в том числе атомоходов «Ленин» и «Арктика». По Северному морскому пути велось снабжение новостроек и различных геологических отрядов – изыскателей полезных ископаемых, в том числе нефти, газа и других.

Постоянно совершенствовалось и укреплялось Северное морское пароходство. В августе 1977 года на Северный полюс совершил свой поход ледокол «Арктика». С помощью ледоколов типа «Арктика» был осуществлён переход к круглогодичной навигации в западном районе Арктики. Потребность в этом переходе была обусловлена прежде всего необходимостью обеспечения жизнедеятельности и развития Норильского промышленного района. С учётом мелководности подходов к расположенному на реке Енисей порту Дудинка были спроектированы и построены специализированные атомные ледоколы с малой осадкой – «Таймыр» и «Вайгач». В это же время для перевозки грузов Норильского комбината строились суда усиленного ледового класса: атомное судно «Севморпуть», серии судов типа «Норильск», «Дмитрий Донской»; проводилось навигационно-гидрографическое переоснащение работы флота, расширение реконструкция Дудинского порта. Параллельно с открытием круглогодичной навигации в западной Арктике шёл процесс увеличения продолжительности навигации в восточном районе Арктики до шести месяцев с участием мощных линейных атомных ледоколов. Осваивались новые трассы плавания ледоколов и проводки судов по высокоширотным и приполюсным маршрутам, в том числе за пределами исключительной экономической зоны в российском секторе Арктики. В 2008 году на основании указа Президента Российской Федерации «О мерах по созданию Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»» № 369 от 20 марта 2008 года ФГУП «Атомфлот» вошло в состав Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Ему были переданы надводные корабли с ядерными энергетическими установками и суда атомного технологического обслуживания. На базе предприятия действует единый ледокольнотехнологический комплекс гражданского атомного флота РФ.

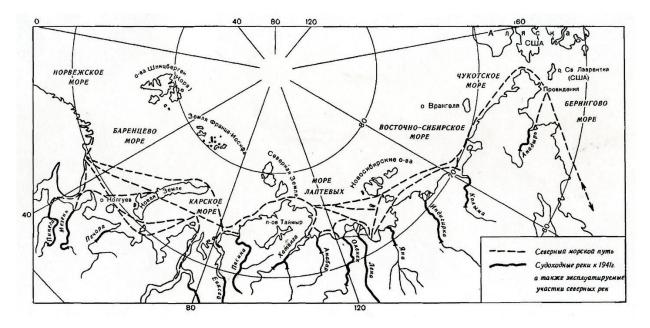


Рис. 1. Схема Северного морского пути [Белов, 1969] Fig. 1. The scheme of the Northern Sea Route [Belov, 1969]

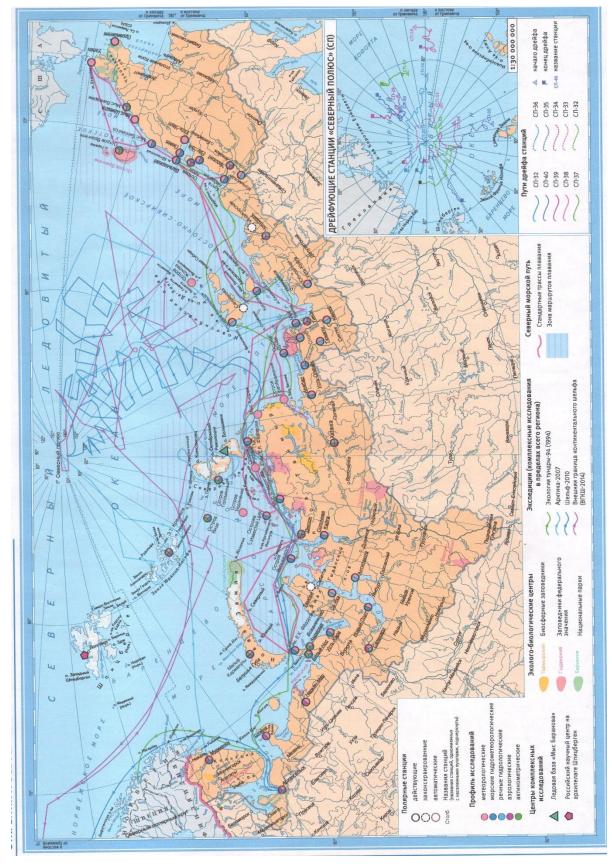


Рис. 2. Освоение Российской Арктики в 1992–2015 годах (Национальный атлас Арктики, 2017)

Fig. 2. The developing of the Russian Arctic during 1992–2015 (National Atlas of the Arctic, 2017)

В настоящее время Россия является мировым лидером по использованию атомного ледокольного флота для решения транспортных задач в морях Арктики и неарктических замерзающих морях. Для успешной конкуренции в Арктике России необходимо не упускать этого лидерства и продолжать совершенствовать атомный ледокольный флот как основу функционирования СМП.

СМП обеспечивает прежде всего функционирование транспортной инфраструктуры государства в особо труднодоступных районах архипелагов, островов, морей и побережья Крайнего Севера, центральных районах Восточной и Западной Сибири, связывая в единую систему водные пути великих сибирских рек и морские трассы перемещения грузопотоков на запад и восток страны. СМП как национальная транспортная коммуникация России в Арктике необходим для обеспечения дальнейшего развития экономики северных регионов и государства в целом. Перспектива его превращения в высокоширотную транзитную магистраль альтернатива арктическую судоходную это существующим межконтинентальным транспортным связям между странами Атлантического и Тихоокеанского бассейнов через Суэцкий и Панамский каналы [Рукша и др., 2011].

В июне 2005 году в Санкт-Петербурге состоялся Международный экономический форум по проблемам сотрудничества в Арктике. Запасы недр на земной суше подходят к концу, и человечество обращает пристальное внимание на богатство шельфов арктических морей и их побережья. Для их освоения непременным условием является создание инфраструктуры. СМП должен быть превращён в транспортную магистраль, интегрированную в мировую систему.

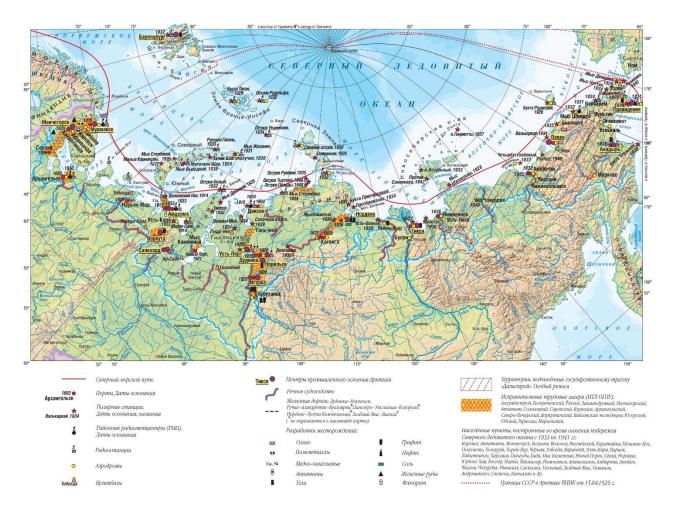
Основы государственной политики России в Арктике были утверждены Указом Президента Российской Федерации 18 сентября 2008 года «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». В документе дана оценка состояния в Арктической зоне РФ, сформулированы приоритетные направления её устойчивого развития [Пилясов, 2012].

С древних времён и по настоящее время создавались и создаются схемы и карты, показывающие отдельные участки СМП и отдельные аспекты производственной и иной активности на территории Российской Арктики. Но комплексного картографического произведения до 2018 года не существовало.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По мере получения и анализа различных данных вся информация была структурирована (см. условные обозначения на рис. 3). На её основе сформирована база данных, которая стала собранием сведений из всех вышеперечисленных источников. В Центре картографии и геоинформационных систем Института Наследия накоплен большой опыт по картографированию северных территорий нашей страны. В 2018 году впервые в нашей стране разработана и составлена карта Северного морского пути (Ельчанинов А.И., Кулиев А.Н., Парамонова А.А.), на которой показаны объекты, сооружённые в 1930–1940-е годы. Эти объекты, с одной стороны, обеспечивали функционирование самого СМП, а, с другой стороны, сами обеспечивались всем необходимым благодаря функционированию СМП.

Следующим этапом работы планируется создание ГИС-версии данной карты с возможностью комплексной автоматизации сбора информации, её регистрации, передачи, хранения, переработки и доведения переработанных решений до объектов управления. При этом следует учитывать, что «создание единого информационного пространства в России сдерживается сложностью доступа к данным и отсутствием открытого механизма их поиска (не говоря об их качестве, содержании и стоимости), а также отсутствием стандартизированного пространства географических данных» [Раклов, 2014].



Puc. 3. Северный морской путь и его инфраструктура Fig. 3. The Northern Sea Route and its infrastructure

Северный морской путь; порты и даты их основания; полярные станции, их названия, даты основания; радиометеоцентры и даты их основания; радиостанции; аэродромы; культбазы

Центры промышленного освоения Арктики

Речное судоходство

Железные дороги: Дудинка-Норильск, Ручьи-Алакуртти-Куолоярви, Пинозеро-Уполокша-Кодорово, Нордвик-бухта Кожевникова, Зелёный Мыс-Ваенга (не выражаются в масштабе карты)

Месторождения: олово, графит, полиметаллы, нефть, медно-никелевые, соль, апатиты, железные руды, уголь, флюорит

Территории, подчинённые государственному тресту «Дальстрой»

Исправительные трудовые лагеря (ИТЛ ОГПУ): Аллуайвстрой, Белореченский, Ёнское, Заимандровский, Мончегорский, Аппатит, Соловецкий, Сорокский, Ягринлаг, Архангельский, Северо-Печорский, Воркутинский, Вайгачская экспедиция, Югорский, Обский, Горнолаг, Норильский

Населённые пункты, построенные во время освоения побережья Северного Ледовитого океана с 1933 по 1941 годы: Кировск, Аппатиты, Мончегорск, Белушье, Волонга, Выучейский, Каратайка, Нельмин-Нос, Осколково, Хонгурей, Хорей-Вер, Чёрная, Тобседа, Варандей, Усть-Кара, Варнек, Лабытнанги, Харсаим, Пангоды, Гыда, Мыс Каменный, Новый Порт, Сёяха, Нордвик, Юрюнг-Хая, Кюсюр, Найба, Таймылыр, Нижнеянск, Апапельгино, Амбарчик, Анюйск, Чкалов, Чокурдах, Нычалах, Саскылах, Угольный, Зелёный Мыс, Уэлькаль, Андрюшкино, Снежное, Канчалан и другие

Граница СССР в Арктике по Постановлению Президиума ВЦИК СССР от 15.04.1926

Мировое сообщество, заинтересованное в развитии и углублении диалога культур, социальных, торговых и экономических связей, продолжает изучение опыта Великого шёлкового пути в целях использования и расширения его в современных условиях. Правительства России и Китая активно взаимодействуют в этом направлении.

В 2017 году главы Китая и России поддерживали тесные контакты и переговоры во время Форума международного сотрудничества «Один пояс и один путь», встречи лидеров стран БРИКС в Сямэне, 25-й неофициальной встречи лидеров стран АТЭС и других международных мероприятий.

**Ледовый Шёлковый путь.** В июле 2017 года во время визита в Россию председатель КНР Си Цзиньпин достиг важной договорённости с президентом В.В. Путиным о развитии и использовании арктического морского пути и создании Ледового Шёлкового пути. В ноябре премьер-министры двух стран вновь обменялись мнениями о создании Ледового Шёлкового пути.

Ледовый Шёлковый путь – морской путь, проходящий через Северный полярный круг и объединяющий Северную Америку, Восточную Азию и Западную Европу. Ледовый Шёлковый путь значительно сократит транспортную линию между Северо-Восточной Азией и Западной Европой, повысит уровень экономического и торгового сотрудничества в регионе. Поэтому ему уделяется большое внимание руководителями ряда стран, в том числе Китая и России.

Проект Ледовый Шёлковый путь — это проект инвестиций и освоения, включая разведку и разработку природного газа и газового конденсата, разработку природного газа, сжижение природного газа, морские перевозки и реализацию товаров.

В настоящее время Китай и Россия обсуждают «Меморандум о сотрудничестве между Китаем и Россией на море в полярном бассейне», чтобы далее улучшать политическую и правовую основу для развития и сотрудничества в Арктике. Предприятия двух стран активно сотрудничают в процессе разведки нефти и газа в Арктике. Ведутся переговоры о проектах строительства транспортной инфраструктуры вдоль арктического морского пути [Цзун, 2018].

**Проект в рамках** «**Ледового Шёлкового пути»**. 8 декабря была официально сдана в эксплуатацию первая технологическая линия завода по производству сжиженного газа «Ямал СПГ» в посёлке Сабетта на полуострове Ямал — самого крупного в мире арктического завода по производству сжиженного газа, расположенного за Полярным кругом.

Этот важный проект является первым сверхкрупным зарубежным проектом, реализуемым после выдвижения Китаем инициативы создания Экономического пояса Шёлкового пути.

8 декабря 2017 года президент России В.В. Путин принял участие в церемонии отгрузки 1-й партии сжиженного газа в порту Сабетта на самый крупный в мире танкер-газовоз «Кристоф де Маржери». Выступая на торжественной церемонии, он отметил, что объект содействует развитию российской газовой отрасли и является фундаментом дальнейшего высокоэффективного развития Северного морского пути. «Ямал СПГ» поможет укрепить сотрудничество между Россией и странами Азиатско-Тихоокеанского региона, особенно с Китаем. В.В. Путин отметил, что первая партия СПГ – это успех всех сторон сотрудничества. Сжиженный газ северных широт России, подчеркнул он, – одно из важных направлений развития сферы российских энергоресурсов (neo-logistics. net/blog/logistika-v-mire/pervuyu-partiyu-gaza-s-yamala-spg-pogruzili-na-tanker-v-prisutstvii-putina.html).

Проект «Ямал СПГ» — результат китайско-российского стратегического сотрудничества. Китайский рынок нуждается в импорте природных ресурсов, а российской стороне нужен рынок сбыта. Поэтому китайско-российское нефтегазовое сотрудничество во многом учитывает фактор взаимодополняемости. Проект поможет развитию российской

отрасли энергоресурсов в отдалённых районах страны, обеспечит снабжение чистыми энергоресурсами Китай и поможет оптимизировать внутреннюю структуру энергоресурсов Китая.

В настоящее время в посёлке Сабетта на полуострове Ямал высокими темпами ведется строительство инфраструктуры. В феврале 2015 года был сдан в эксплуатацию аэропорт Сабетта, из которого открыты как внутренние, так и международные авиарейсы. В порту Сабетта построено шесть причалов для выгрузки и погрузки. Через них уже прошло более 10 млн тонн грузов. В настоящее время строятся ещё два причала для загрузки сжиженного газа и газового конденсата.

Протяжённость северного морского маршрута почти на треть короче, чем традиционная артерия через Суэцкий канал, а время в пути почти на 20 дней меньше. Таким образом, значительно снижается стоимость всех перевозок [Цзун, 2018].

Летом 2018 года два танкера с продукцией завода «Ямал СПГ» впервые в истории прошли Северный морской путь без ледокольного сопровождения; они прибыли из арктического порта Саббета (Ямало-Ненецкий автономный круг) в китайский порт Цзянсу Жудун.

Время плавания составило 19 дней, что на 16 дней меньше, чем по традиционному пути через Суэцкий канал и Малаккский пролив. Ледовую часть СМП суда преодолели за 9 дней, и СПГ-танкеры успешно завершили проход по СМП — «Владимир Русанов» подошел к Берингову проливу, а «Эдуард Толль» вышел в Чукотское море. Этими рейсами открыто начало регулярных поставок СПГ по Северному морскому пути, как важных результатов мероприятий, направленных на реализацию стратегических приоритетов России в Арктике.

#### выводы

В 2000-х годах начался глобальный передел мировых энергетических рынков. И с учётом стратегических интересов России началась разработка Южно-Тамбейского месторождения и строительство завода по сжижению газа в Сабетте. «Новатэк» приступил к строительству очередной линии завода по сжижению природного газа «Ямал СПГ». Доля России на рынках СПГ должна быть не меньше, чем доля России в мировых запасах природного газа, а это только по разведанным объёмам порядка 23 %.

Китай заинтересован не только в транзите, но и в совместном с Россией освоении природных богатств Арктики, а Россия заинтересована в развитии арктической инфраструктуры. К использованию СМП проявляют интерес и Япония, и Корея, и Вьетнам, а также страны Евросоюза. И уже сделаны конструктивные шаги по координации стратегий развития с арктическими и другими государствами по созданию морского экономического коридора между Китаем, Россией и Европой через Северный Ледовитый океан.

Картографическая и историческая информация, показанная на представленной карте и в Национальном атласе Арктики, позволяет глубже познакомиться с историей становления Северного морского пути, его использования и трансформации его в Ледовый Шёлковый путь. Использование ГИС-технологий при картографировании территории Арктики ускорит и повысит эффективность развития и функционирования СМП.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Белов М.И.* Научное и хозяйственное освоение Советского Севера. 1933-1945 гг. История открытия и освоения Северного морского пути. Т. 4. М.: Морской транспорт, 1969. 616 с.
- 2. Ван Ф. Шёлковый путь и мировая цивилизация. Китай, 2017. № 10. С. 64–67.
- 3. *Ельчанинов А.И*. По Великому Шёлковому пути дороге мира и туризма. Туризм: управление, экономика, наука. Вып. 2. М.: ВНИЛТЭ ЦСТЭ, 1991. С. 90–96.
- 4. История исследований, открытий и освоения Арктики. Национальный атлас Арктики. М.: Росреестр, 2017. С. 19, 94–113.

- 5. Пилясов А.Н. Арктика России: состояние и перспективы. Российский север: модернизация и развитие. М.: Комитет Государственной Думы по региональной политике и проблемам севера и Дальнего Востока, 2012. Электронный ресурс: http://rosnord.ru/strategy/standpoint/65 (дата обращения 25.06.2018).
- 6. Радкевич В.А. Великий шёлковый путь. М.: Агропромиздат, 1990. 238 с.
- 7. Раклов В.П. Географические информационные системы в тематической картографии: Учебное пособие для вузов. 4-е изд. М.: Академический проект, 2014. 176 с.
- 8. Рукша В.В., Смирнов А.А., Кашка М.М., Бабич Н.Г. Атомный ледокольный флот России и перспективы развития Северного морского пути. Арктика. Экология и экономика. М.: ФГУП «Атомфлот», 2011. № 1. С. 52–61.
- 9. Северная энциклопедия. Сост. Е.Р. Акбальян. М.: Европейские издания: Северные просторы, 2004. 1196 с.
- 10. *Сяо И*. Китайский путешественник на древнем шёлковом пути. Китай, 2017. № 10 (144). С. 58–60.
- 11. *Цзун X*. Проект в рамках «Ледового Шёлкового пути». Китай, 2018. № 1 (147). С. 46–48.

#### REFERENCES

- 1. *Belov M.I.* Scientific and economic development of the Soviet North. 1933–1945. History of discovery and development of the Northern Sea Route. V. 4. Moscow: Sea transport, 1969. 616 p. (in Russian).
- 2. *Elchaninov A.I.* On the Great Silk Route the road of peace and tourism (Preliminary results of the international expedition). Tourism: management, economics, science. Iss. 2. Moscow: VNILTE CSTE, 1991. P. 90–96 (in Russian).
- 3. History of research, discoveries and development of the Arctic. National Atlas of the Arctic. Moscow: Rosreestr, 2017. P. 19, 94–113 (in Russian).
- 4. Northern Encyclopedia. Comp. E.R. Akbalian. M.: European editions: Northern scopes, 2004. 1196 p. (in Russian).
- 5. *Pilyasov A.N.* Arctic Russia: state and perspectives. Russian North: modernization and development. Moscow: State Duma Committee for Regional Policy and Problems of the North and the Far East, 2012. Web resource: http://rosnord.ru/strategy/standpoint/65 (accessed 25.06.2018) (in Russian).
- 6. *Radkevich V.A.* Great Silk Route. Moscow: Agropromizdat (Agro-Industrial Publishing), 1990. 238 p. (in Russian).
- 7. *Raklov V.P.* Geographic information systems in the thematic cartography: Textbook for high schools. 4-th edition. M.: Academic project, 2014. 176 p. (in Russian).
- 8. *Ruksha V.V.*, *Smirnov A.A.*, *Kashka M.M.*, *Babich N.G.* The Arctic. Ecology and economic. III. The Northern Sea Route. Russia's nuclear icebreaking fleet and and prospects for the development of the Northern Sea Route. Moscow: FSUE "Atomflot" ("Nuclear fleet"), 2011. No 1. P. 52–61 (in Russian).
- 9. *Tsung H.* Project in the framework of the "Ice Silk Road". China, 2018. No. 1 (147). P. 46–48 (in Russian).
- 10. Wang F. Silk road and world civilization. China, 2017. No 10. P. 64–67 (in Russian).
- 11. Xiao Yi. Chinese traveler on the ancient silk road. China, 2017. No 10. P. 58–60 (in Russian).

УДК: 528.946+ 911.6 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-345-357

**Н.К.** Максутова<sup>1</sup>, Н.В. Анисимов<sup>2</sup>

# СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ЦЕННЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДЛЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ГИС НА ПРИМЕРЕ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

#### **АННОТАЦИЯ**

Сохранение биологического разнообразия является одним из важнейших условий устойчивого развития и рационального природопользования. Для решения комплекса задач, связанных с изучением и сохранением биоразнообразия, предлагается использование геоинформационного подхода как определённого синтеза и интеграции картографического, ландшафтного, популяционного и экосистемного подходов. ГИС-технологии позволяют объединять обширную описательную информацию с картографическими объектами; использовать многослойную разномасштабную информацию не только в исследовательских, но и в природоохранных и природопользовательских задачах.

Мировой тенденцией в области изучения биоразнообразия и динамики экосистем является создание глобальных информационных ресурсов на основе объединения в единую информационную среду баз данных, пакетов программ для анализа и моделирования, что позволяет осуществлять комплексные исследования, научный прогноз и принятие обоснованных управленческих решений для рационального использования природных ресурсов.

Одно из приоритетных направлений международных программ исследования биоразнообразия мира (Конвенция по биоразнообразию VI/22 Forest Biological Diversity, 2001) связано с изучением редких видов, которые являются важным звеном сохранения биологического разнообразия и основным индикатором антропогенного изменения экосистем планеты. Инвентаризация разнообразия редких видов и достоверные методы оценки их состояния необходимы для создания Красных книг, Кадастров ООПТ и выявления репрезентативности существующей сети ООПТ, организации научнообоснованных экологических рейтингов регионов и стран.

В настоящее время в связи с угрозами исчезновения «краснокнижных» видов необходим пространственный анализ и мониторинг эффективности принимаемых мер по сохранению биоразнообразия в рамках национальных стратегий.

Актуальность темы представляемой работы обусловлена необходимостью систематизации и обобщения накопленного материала по разнообразию ценных местообитаний и редких видов Вологодской области для представления его в доступном формате с использованием современных геоинформационных технологий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГИС, устойчивое развитие, ООПТ, ценные природные территории

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Вологодский государственный университет, ул. Ленина, 15 Россия, 160000, Вологодская область,

г. Вологда, e-mail: maksutova@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Вологодский государственный университет, ул. Ленина, 15 Россия, 160000, Вологодская область,

г. Вологда, e-mail: nvanisimov@gmail.com

### Nadezda K. Maksutova<sup>1</sup>, Nikolay V. Anisimov<sup>2</sup>

# CREATION OF A DATABASE OF VALUABLE NATURAL TERRITORIES FOR MUNICIPAL AND REGIONAL GIS ON EXAMPLE OF VOLOGDA REGION

#### **ABSTRACT**

Preservation of biological diversity is one of the most important conditions for sustainable development and rational nature management. To solve a set of problems related to the study and conservation of biodiversity, it is proposed to use the geoinformation approach as a specific synthesis and integration of cartographic, landscape, population and ecosystem approaches. GIS technology allows you to combine extensive descriptive information with cartographic objects; use multi-layered multiscale information not only in research, but also in environmental and nature-use tasks.

The global trend in the study of biodiversity and the dynamics of ecosystems is the creation of global information resources by combining databases, software packages for analysis and modeling into a single information environment, which allows for comprehensive research, scientific forecasting and making informed management decisions for the rational use of natural resources.

One of the priority directions of the international programs of the world biodiversity research (the VI/22 Forest Biological Diversity Convention, 2001) is associated with the study of rare species that are an important link in the conservation of biological diversity and the main indicator of anthropogenic change in the planet's ecosystems. Inventory of the diversity of rare species and reliable methods for assessing their condition are necessary for the creation of Red Books, Pas' Inventories and identification of the representativeness of the existing network of PAs, organization of scientifically based environmental ratings of regions and countries.

Currently, in connection with the threat of the disappearance of the "Red Data Book" species, spatial analysis and monitoring of the effectiveness of measures taken to conserve biodiversity within the framework of national strategies is needed.

The relevance of the topic of the presented work is conditioned by the necessity of systematization and generalization of the accumulated material on the variety of valuable habitats and rare species of the Vologda region for presenting it in an accessible format using modern geoinformation technologies.

**KEYWORDS:** GIS, sustainable development, specially protected natural territories, valuable natural territories

# **ВВЕДЕНИЕ**

Разнообразие ценных местообитаний и редких видов сложилось как самостоятельное направление исследований биоразнообразия в конце XX века. Одним из важнейших географических аспектов изучения является пространственный анализ биоразнообразия. В качестве основной структурной единицы пространственного разнообразия чаще всего принимается биом. Согласно концепции биомного разнообразия [Walter, Breckle, 1983], биом рассматривается, как крупная экосистема, включающая целый ряд взаимосвязанных, меньших по размеру экосистем, отражающих взаимодействие климата с региональной биотой и субстратом [Walter, Breckle, 1983; Огуреева и др., 2001; Тишков, 2005].

Использование биома в качестве опорной единицы учёта биоразнообразия даёт возможность интегрального анализа геоботанической и зоогеографической составляющих

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Vologda State University, Lenin street 15, 160000, Vologda, Russia, e-mail: maksutova@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Vologda State University, Lenin street 15, 160000, Vologda, Russia, *e-mail:* **nvanisimov@gmail.com** 

биотического покрова, а также сопряжённого изучения биотических и абиотических компонентов экосистем разного уровня и политико-административного управления [Огуреева и др., 2001].

Объектами исследования в работе выбраны зональный биом восточноевропейских хвойных лесов, регион Вологодская область, её административные и ландшафтные районы [Белова и др., 2011–2013].

Такой подход позволит выявить региональное биоразнообразие редких видов биома в пределах Вологодской области в целом, а также провести сравнительный анализ ценных местообитаний и разнообразия редких видов на региональном уровне в пределах муниципалитетов и ландшафтных районов. Это сделает возможным выполнение научных и управленческих задач — определение спектров редких видов в пределах генетически однородных типов ландшафтов, а также оптимизацию сети ООПТ и сравнение унифицированных показателей регионального биоразнообразия Вологодской области с другими регионами и мировыми стандартами [Козлов, 2006; Пузаченко, Черненькова, 2006; Максутова, 2010 (а)].

Предметом исследования являются пространственная изменчивость местообитаний и оценка регионального биоразнообразия редких видов Вологодской области. Работа посвящена пространственному анализу ценных местообитаний (ценных природных территорий) и их охране с учётом сохранения редких видов различных групп организмов, включённых в Красную книгу Вологодской области [Белова и др., 2011–2013; Красная книга..., 2004].

Региональное разнообразие представлено плотностью и/или встречаемостью краснокнижных видов в границах административных, ландшафтных или эколого-географических районов [Лебедева и др., 2002].

Цель работы – выявить пространственные закономерности биоразнообразия Вологодской области на основе геоинформационного анализа для обеспечения экологического мониторинга.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

- собрать открытые, актуализировать и/или создать новые, а затем систематизировать геоинформационные материалы для пространственного анализа биоразнообразия и его охраны в Вологодской области;
- выделить базовые показатели оценки регионального биоразнообразия с учётом изученности редких видов и ландшафтного разнообразия;
- провести анализ регионального биоразнообразия ценных местообитаний и редких видов в административных и природных границах;
- на основе ГИС-технологий и методов дистанционного зондирования создать серию аналитических и информационных карт для пространственного анализа регионального биоразнообразия редких видов биома европейских бореальных лесов в Вологодской области;
- выявить закономерности пространственной дифференциации биоразнообразия ценных территорий и редких видов в регионе в целом и по административным подразделениям территории;
- проанализировать степень репрезентативности существующей сети ООПТ Вологодской области [Лебедева и др., 2002].

Основные этапы работы заключаются в следующем:

- 1. Разработка тематического содержания и списка базовых ГИС-материалов для пространственного анализа регионального биоразнообразия редких видов;
- 2. Подбор опубликованных источников, создание авторских геоинформационных материалов и формирование картографических (векторных и растровых) и семантических (атрибутивных) геоданных для пространственного анализа биоразнообразия Вологодской области;

- 3. Разработка процедуры и алгоритмов совмещения разнородных традиционных картографических, фондовых и авторских ГИС-данных и ДДЗ в едином проекте;
- 4. Выбор параметров и оптимальных оценочных процедур для пространственного анализа регионального биоразнообразия;
- 5. Разработка алгоритмов многоуровневой генерализации параметров регионального биоразнообразия;
- 6. Расчёт и визуализация основных параметров/индексов регионального гаммабиоразнообразия;
  - 7. Анализ репрезентативности сети ООПТ Вологодской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Использование геоинформационных материалов стало новым и перспективным средством решения природоохранных задач в экологии, биологии, географии и природопользовании. Возможность представления геопространственных результатов в картографическом виде, обновление информации на основе оперативных наблюдений и данных дистанционного зондирования, интеграция с другими информационными технологиями необходимы для оценки, инвентаризации и сохранения биоразнообразия в современных условиях. Геоинформационные технологии являются незаменимым средством, которое позволяет обеспечить обработку и анализ обширной информации по состоянию регионального биоразнообразия, её визуализацию в виде информационной основы для выбора вариантов управления и путей сохранения в различных регионах и на разных пространственных уровнях [Максутова, 2010 (б); Atlas..., 2013].

Для анализа накопленных данных по многообразию живой природы используются различные концептуальные модели «ГИС-мониторинга биоразнообразия» [Мониторинг..., 2008; Козлов, 2006].

В табл. 1 и на рис. 1 представлено основное содержание геоинформационных материалов пространственного анализа биоразнообразия.

Задачи, которые решаются с помощью ГИС в сфере исследования и охраны биоразнообразия, можно подразделить на несколько направлений:

- <u>А. Оценочно-инвентаризационное.</u> Инвентаризация различных типов данных по биоразнообразию: литературных, статистических, картографических, дистанционных, полученных на локальном, региональном, федеральном и глобальном уровне, упорядочение их в виде гипермедийной структуры. Визуализация исходных данных, результатов их обработки и пространственного представления. Формирование классификационных иерархических схем как основы для типизации (пересчёта, экстраполяции) данных на различных пространственных уровнях с использованием алгоритмов выделения единиц растительного покрова по дистанционной информации [Белова и др., 2011–2013; Чхобадзе, 1997; 2000; 2001].
- <u>Б. Экспертно-мониторинговое.</u> Получение интегральных оценочных характеристик территорий природного и административного деления на основе параметров и индикаторов устойчивого управления. Расчёт сценариев лесопользования с учётом вводимых экологических ограничений и индексов воздействия. Получение прогнозов по сохранению биоразнообразия на основе математической обработки данных и моделирования [Максутова, 2010 (б); Малышев, 1992; Пузаченко и др., 2006].
- <u>В. Организационно-управленческое.</u> Создание и координация работы информационно-аналитической сети и метабазы данных по биоразнообразию с разработкой открытой системы ссылок на литературные источники, адреса научных коллективов и их сайты. Оптимизация информационных потоков разработка процедур совместимости и конвертации данных разных форматов и с различными аппаратно-программными

платформами. Разработка и формирование региональных кадастров территорий на основе инвентаризации и определения их ценности.

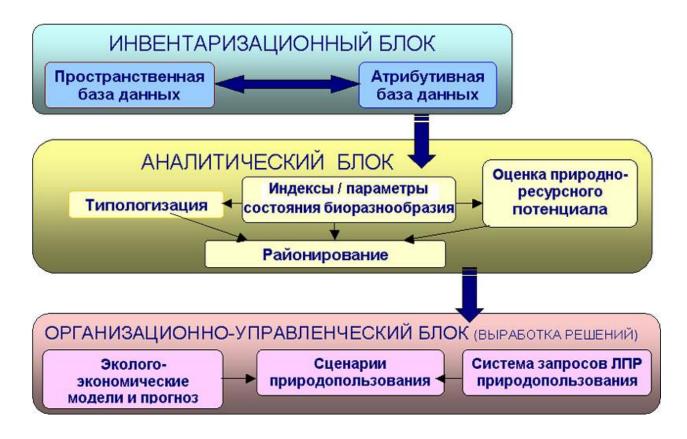


Рис. 1. Структура геоинформационных материалов для пространственного анализа биоразнообразия Fig. 1. Structure of geoinformation materials for spatial analysis of biodiversity

Табл. 1. Спецификация геоинформационных материалов по биоразнообразию Table 1. Specification of geoinformation materials on biodiversity<sup>1</sup>

Предмет разработок ГИС регионального биоразнообразия	Информационно-экспертные системы
Характер использования	Оперативно-справочно-аналитический
Уровень применения	Федеральный, региональный, локальный
Типовое предназначение	Организация и анализ разнородных материалов
Объект анализа	Состояние биоразнообразия экосистем,
Специализация пользования	Оценочно-инвентаризационные и экспертно-
	мониторинговые процедуры

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> The Montreal Process. Criteria and indicators for the conservation and sustainable management of temperate and boreal forests. Hull (Quebec): Canadian Forest Service, 1995. 120 p.

\_

Таким образом, по своему содержанию геоинформационные материалы для изучения пространственного анализа биоразнообразия делятся на инвентаризационные и аналитические, которые решают задачи обозначенных выше направлений – оценочноинвентаризационного и экспертно-мониторингового. Их результаты, как правило, быть использованы региональной используются или должны В природопользования при соответствующей выработке решений на основе анализа разработанных критериев, полученных индексов и оценок состояния биоразнообразия (организационно-управленческий блок). Обычно данные ГИС комбинируются с разработкой прикладных эколого-экономических моделей, прогнозов и альтернативных сценариев природопользования регионов.

В процессе работы прежде всего использованы методы геоинформационного моделирования и картографирования, визуального и полуавтоматизированного дешифрирования космических снимков, комплексных физико-географических полевых исследований, математические и статистические методы.

Методология пространственного анализа регионального биоразнообразия редких видов включала следующие этапы:

- 1. Изучение использования имеющихся и возможности создания новых геоинформационных материалов для решения задач пространственного анализа регионального биоразнообразия Вологодской области;
- 2. Выявление открытых и официальных данных инвентаризации и мониторинга биологического разнообразия ЦПТ и редких видов в Вологодской области;
- 3. Разработка проект-схемы, алгоритма работы и создание геоинформационной основы для анализа регионального биоразнообразия с визуализацией на уровне административных и ландшафтных районов;
- 4. Разработка оригинального варианта проекта ГИС для оценки регионального биоразнообразия и его охраны в виде инвентаризационных и аналитических ГИС-материалов.

Привлечение количественных данных и индексов, рекомендованных и применяемых в международных рейтингах, с использованием сетки административного деления и ландшафтного районирования позволят сравнивать разные регионы, проводить мониторинг и получать сравнимые с другими регионами данные о биоразнообразии.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Методика оценки регионального разнообразия ценных природных территорий (ЦПТ) и их представленности в сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) с помощью ГИС-технологий впервые была выполнена для Вологодской области в целом в проекте «ГЭП-анализ репрезентативности сети ООПТ». При этом рассчитывались следующие основные показатели: доля площади ЦПТ от площади изучаемой территории (распространение ЦПТ); доля площади ЦПТ, включённая в ООПТ (сохранность ЦПТ); доля территории ООПТ, занятая ЦПТ (репрезентативность ООПТ); площадь ЦПТ, не включённых в ООПТ (перспективы расширения ООПТ).

С учётом актуализированных в ГИС данных о площади и границах ООПТ по этой методике впервые рассчитаны показатели не только для региона в целом, но и для административных и ландшафтных районов. Ландшафты региона имеют длительную историю освоения и испытывают значительное антропогенное воздействие. Поэтому единственной рациональной формой их охраны является развитие сети ООПТ. В рамках российско-финского проекта «ГЭП-анализ сети особо охраняемых природных территорий Северо-Запада России» в Вологодской области с помощью ГИС-технологий выявлены ареалы ландшафтных районов, составлена карта с границами ООПТ. В результате

наложения электронных карт в ГИС представляется возможность проанализировать представленность созданной сети ООПТ в каждом из ландшафтных районов.

В настоящее время сеть особо охраняемых природных территорий Вологодской области насчитывает 190 объектов, в том числе: федерального значения -2 (национальный парк «Русский Север» и Дарвинский государственный природоохранный заповедник), областного значения -177, местного значения -11.

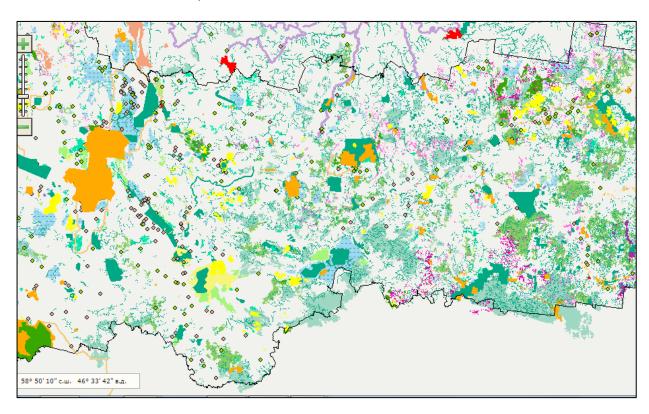


Рис. 2. ЦПТ, ООПТ: места находок видов растений и грибов, включённых в Красную Книгу РФ (фрагмент проекта компоновки слоёв ГИС «Пространственный анализ биоразнообразия»)

Fig. 2. Valuable natural areas, specially protected natural areas: sites of the finds of plant and fungi species included in the Red Book of the Russian Federation (fragment of the project of compiling the GIS layers "Spatial analysis of biodiversity")

Табл. 2. Представленность разных видов ЦПТ в регионе и ООПТ и построенная на этой основе оценка значимости ЦПТ «по факту охраны» Table 2. Representation of different types of valuable natural areas in the region and specially protected natural areas and built on this basis the assessment of the significance of the valuable natural areas "upon protection"

ЦПТ	МБМ	МВПВ	ЕПЛ	ХШЛ	БАС	МСП	КОТР
Доля ЦПТ в регионе, % (1)	8.6	2.7	0.2	0.1	0.0	1.5	6.6
Доля ЦПТ в ООПТ, % (2)	16.4	2.1	0.4	0.0	0.0	3.5	25.6
<b>Частное (2) / (1)</b>	1.9	0.8	2.4	0.3	1.7	2.3	3.9
Фактическая Значимость	0.09	0.04	0.12	0.02	0.08	0.11	0.19

Табл. 3. Представительность ООПТ в районах Вологодской области в 2015 году Table 3. Representativeness of the specially protected natural areas in the districts of the Vologda region in 2015

	Площад	ць, га	Доля	Площадь, га	Доля
				ООПТ + водо-	
Район	Района	ООПТ	%	охранная зона	%
Вытегорский	14241,868	1525,179	10,70912	1950,564	13,69598
Великоустюгский	7777,61906	716,3212	9,210032	1317,154	16,93519
Тарногский	5127,76336	107,7483	2,101272	388,2646	7,571811
Нюксенский	5218,24063	265,5134	5,088178	558,6967	10,70661
Верховажский	4325,91092	81,80047	1,890942	306,4803	7,084758
Кирилловский	5726,63638	2584,019	45,12281	2685,529	46,8954
Вожегодский	5779,69266	177,7727	3,075816	429,0353	7,423151
Вашкинский	3706,28237	54,37677	1,467151	177,3028	4,783845
Белозерский	6016,0019	522,2414	8,680871	671,216	11,15718
Кич-Городецкий	7108,73622	370,7547	5,215479	807,034	11,35271
Бабаевский	9397,28269	256,1809	2,726116	622,1839	6,620891
Тотемский	8262,12944	289,5168	3,504143	763,0373	9,235359
Сямженский	3959,04232	481,161	12,15347	664,9166	16,79488
Харовский	3567,28053	224,452	6,291964	408,7444	11,45815
Усть-Кубинский	2598,08073	0,180237	0,006937	149,2108	5,743115
Бабушкинский	7743,374	379,2762	4,898074	689,8578	8,909008
Никольский	7464,27198	307,3657	4,117826	717,9071	9,617911
Вологодский	4904,78209	13,06517	0,266376	267,3632	5,451073
Сокольский	4202,57188	12,65219	0,301058	253,9226	6,042077
Кадуйский	3269,71962	109,8445	3,359448	320,2772	9,79525
Череповецкий	7815,52526	1122,54	14,36295	1342,366	17,17563
Междуреченский	3656,27595	19,23135	0,525982	228,3722	6,246033
Шекснинский	2549,60288	10,07469	0,395148	95,13385	3,73132
Чагодощенский	2376,62618	82,18756	3,458161	242,3747	10,19827
Устюженский	3670,74522	117,9355	3,212849	362,3065	9,870107
Грязовецкий	5053,4724	381,1104	7,541555	583,5222	11,54695
Всего					
	145519,535	10212,5	7,017959	17002,77	11,68419

По занимаемой площади в области преобладают заказники, на втором месте — национальный парк «Русский Север» Кирилловского района, на третьем — Дарвинский государственный природоохранный заповедник Череповецкого района; остальные категории ООПТ занимают незначительный процент от площади области. В целом 190 особо охраняемых природных территорий занимают 5,2 % от площади области, что в 2,6 раза меньше среднего показателя по России.

По административным районам области соотношение доли ООПТ крайне неравномерно (табл. 3). Лидером охраны биоразнообразия является Кирилловский район, на территории которого расположена ООПТ федерального значения – НП «Русский Север». Этот район относится к максимальной градации оптимальной степени защиты редких видов

(почти в 5 раз превышает международный критерий доли ОПТ). Соответствует российскому критерию (10 % – ОПТ) на 2015 год по площади ООПТ – 4 района (Кирилловский, Вытегорский, Череповецкий, Сямженский); с учётом водоохранных зон — 11 районов (дополнительно Великоустюгский, Грязовецкий, Харовский, Кичменгско-Городецкий, Белозерский, Нюксенский, Чагодощенский) и вся Вологодская область в целом. Близки к российскому критерию по площади ООПТ (8–10 %) 2 района (Великоустюгский и Белозерский); по площади ООПТ и водоохранных зон – 5 районов (Тотемский, Никольский, Бабушкинский, Устюженский и Кадуйский).

Недостаточный размер ОПТ: очень желательно увеличение площади ООПТ или соединение их коридорами (например, водоохранными зонами) — в 10 районах области, в которых площадь ОПТ составляет от 3 до 9 %. В 9 районах области (Тарногский, Верховажский, Вашкинский, Бабаевский, Усть-Кубинский, Вологодский, Сокольский, Междуреченский, Шекснинский) основная часть территории возделывается, природопользование не регламентируется специальными охранными режимами для сохранения редких видов (площадь ООПТ в них менее 3 %).

# Распределение ООПТ и ЦПТ по ландшафтным районам

Существующая сеть ООПТ Вологодской области не отражает всего ландшафтного разнообразия её территории. В Устьянском и Пыщуг-Ветлужском ландшафтах ООПТ полностью отсутствуют, возможно, из-за того, что эти ландшафты занимают относительно небольшую площадь на северо-востоке и юго-востоке области соответственно. В Молого-Судском ландшафте представлено наибольшее количество особо ценных природных территорий, но в основном по площади это участки, не превышающие 100 га и полностью не отражающие природного разнообразия данного ландшафта. Такая же ситуация Вологодско-Грязовецком, Мало-Двинском, Верхнесухонском Верхнеюгском ландшафтах. В Пришекснинском ландшафте количество ООПТ небольшое, но доля занимаемой ими площади составляет 30 %, из которых доля региональных ООПТ всего 0,4 %, а остальное приходится на ООПТ федерального значения. Аналогичная ситуация складывается в Ковжинско-Белозёрском (площадь ООПТ регионального значения составляет 0,8 %), Кирилловском (3,8 %) и Белозёрском (2,6 %) ландшафтных районах. В остальных ландшафтах области очень слабо представлена сеть ООПТ, геокомплексы которых являются уникальными и отражают своеобразие территории Вологодской области. Например, Южноонежский озёрный и озёрно-ледниковый низменный среднетаёжный ландшафт не имеет аналогов не только в пределах Вологодской области, но и в России, поэтому доля ООПТ здесь должна быть выше.

# выводы

В результате проведённых исследований разработана региональная ГИС для накопления, хранения и обработки информации о ценных биотопах, биоразнообразии ЦПТ, мест находок редких видов (включённых в Красную книгу РФ) и ООПТ. ГИС представляет собой систему баз данных, содержащих информацию о факторах формирования биоразнообразия, видах ЦПТ, их разнообразии, возрасте, типологии, видовом составе редкой флоры, сети ООПТ, эколого-ландшафтных особенностях Вологодской области, а также различную справочную информацию. Всего в ГИС представлено более 200 слоёв и атрибутивных таблиц. Геоинформационная составляющая системы подготовлена на цифровой топографической основе масштабов 1:200 000 и 1:100 000.

Территориальный анализ, оценку состояния и прогноз регионального биоразнообразия целесообразно осуществлять с применением геоинформационных систем, компьютерного картографического моделирования с привлечением информации различных слоёв региональной ГИС. В структуру геоинформационных систем в будущем при более детальных и систематических исследованиях целесообразно включать ареалогические данные, данные о географическом распространении видов, их

встречаемости в элементах ландшафта и типах фитоценозов. Наиболее значимыми критериями регионального биоразнообразия и его охраны, наряду с традиционно используемыми численностью и встречаемостью видов, являются богатство и плотность ЦПТ в административных, ландшафтных районах и в ООПТ.

Пространственный анализ ландшафтообразования выявил значимые миграционные и резервационные функции крупных долинных систем и долин малых и средних рек при продвижении южных неморальных и степных (луговостепных) видов на север, а бореальных северных — на юг, обусловливая континуальность конкретных флор. Большое количество редких видов связано с интразональными сообществами болот, террас и пойм крупных рек. Выявлена стимулирующая роль рельефа и гидрографической сети для широтной и меридиональной миграции видов, ландшафтного разнообразия и высокого разнообразия ценных природных территорий. Лимитирующие факторы проявились в обилии водоразделов, локальном распределении карбонатных пород, разделяющих биоценозы и формирующих мозаичное распределение локальных флор.

Региональное биоразнообразие административных районов области неравномерно и отличается распространением, представленностью и сохранностью. Лидером охраны биоразнообразия является Кирилловский район, на территории которого расположена ООПТ федерального значения — НП «Русский Север». Этот район относится к максимальной градации оптимальной степени защиты редких видов (почти в 5 раз превышает международный критерий доли ОПТ).

Соответствуют российскому критерию охраны местообитаний ( $10\%-O\Pi T$ ) на 2015 год по площади ООПТ 4 района (Кирилловский, Вытегорский, Череповецкий, Сямженский); с учётом водоохранных зон – 11 районов (дополнительно Великоустюгский, Грязовецкий, Харовский, Кичменгско-Городецкий, Белозерский, Нюксенский, Чагодощенский) и вся Вологодская область в целом. Близки к российскому критерию по площади ООПТ (8-10%) 2 района (Великоустюгский и Белозерский); по площади ООПТ и водоохранных зон – 5 районов (Тотемский, Никольский, Бабушкинский, Устюженский и Кадуйский).

Недостаточный размер ОПТ (очень желательно увеличение площади ООПТ или соединение их коридорами, например водоохранными зонами) — в районах области, в которых площадь ОПТ составляет от 3 до 9 %. Это Тарногский, Верховажский, Вашкинский, Бабаевский, Усть-Кубинский, Вологодский, Сокольский, Междуреченский, Шекснинский районы, природопользование в которых не регламентируется специальными охранными режимами для сохранения редких видов (площадь ООПТ в них менее 3 %).

На основе пространственного анализа регионального биоразнообразия редких видов выделены:

- I) «Зелёные пятна» территории с наиболее высокой плотностью ценных природных территорий и краснокнижных видов, включённых в границы ООПТ. Это самые ценные территории, для которых определены режим природопользования и созданы юридические условия сохранения;
- II) «Белые пятна» территории, включённые в границы ООПТ, но на данный момент на которых не выявлены ценные местообитания и находки редких видов. Эти территории нуждаются в изучении и при необходимости корректировке границ ООПТ;
- III) «Серые пятна» территории, которые не включены в границы ООПТ, и на которых не выявлены ценные природные территории и редкие виды;
- IV) «Чёрные пятна» территории, которые не включены в границы ООПТ, но на которых выявлены ценные местообитания и/или редкие виды. Здесь срочно необходимы исследования по проектированию ООПТ или другие способы регламентации природопользования для сохранения регионального биоразнообразия.

Таким образом, использование современных геоинформационных средств анализа и интерпретации данных расширяет спектр возможностей при осуществлении

пространственного анализа биоразнообразия. Применение ГИС-технологий позволило осуществить интеграцию и совместный анализ имеющихся данных различного формата и масштаба, характеризующих региональное биоразнообразие.

Дальнейшие развитие геоинформационных методов пространственного анализа регионального биоразнообразия предполагает исследование вклада различных природных и антропогенных факторов в его структуру и динамику, выявление различных аспектов сопряжённости биоразнообразия природных систем с условиями среды и в первую очередь — с элементами рельефа и климатическими изменениями. В частности, совместный количественный анализ карт растительности и цифровой модели рельефа даёт возможность выявить приуроченность редких видов к различным типам локальных местообитаний.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Белова Ю.Н., Борисов М.Я., Максутова Н.К., Чхобадзе А.Б., Шабунов А.А. Территории особого природоохранного значения Вологодской области. Изумрудная книга Российской Федерации. Территории особого природоохранного значения Европейской России: предложения по выявлению. М.: Ин-т географии РАН, 2011–2013. Ч. 1. С. 21–30.
- 2. *Козлов Д.Н.* Инвентаризация ландшафтного покрова методами пространственного анализа для целей ландшафтного планирования. Ландшафтное планирование: общие основания. методология, технология: Труды Международной школы-конференции «Ландшафтное планирование». М.: Географический факультет МГУ, 2006. С. 117–137.
- 3. Лебедева Н.В., Криволуцкий Д.А., Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Алещенко Г.М., Смуров А.В., Максимов В.Н., Тикунов В.С., Огуреева Г.Н., Котова Т.В. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Издательство Научного и учебно-методического центра, 2002. 432 с.
- 4. Красная книга Вологодской области. Т. 2. Растения и грибы. Ред. Г.Ю. Конечная, Т.А. Суслова. Вологда: ВГПУ; Изд-во «Русь», 2004. 359 с.
- 5. Максутова Н.К. (а) Анализ размещения сети особо охраняемых природных территорий Вологодской области. Успехи современного естествознания: научно-теоретический журнал. М: Академия Естествознания, 2010. С. 14–15.
- 6. *Максутова Н.К.* (б) Оценка эффективности управления охраняемыми территориями Вологодской области. Успехи современного естествознания: научно-теоретический журнал. М.: Академия Естествознания, 2010. С.15–16.
- 7. *Малышев Л.И*. Биологическое разнообразие в пространственной перспективе. Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению: Материалы конференций БИН РАН и ЗИН РАН, 14–15 февр. и 14–15 мая 1990 г. СПб: ЗИН, 1992. С. 41–52.
- 8. Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. ЦЭПЛ РАН. М.: Наука, 2008. 453 с.
- 9. *Огуреева Г.Н.* Картографирование биомов России. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2001. № 5. С. 31–36.
- 10. Пузаченко М.Ю., Черненькова Т.В. ГИС-технологии в мониторинге биоразнообразия лесов. ArcReview, 2006. № 4 (39).
- 11. Тишков А.А. Биосферные функции природных экосистем России. М.: Наука, 2005. 309 с.
- 12. Чхобадзе А.Б. К изучению лихенофлоры старинных усадебных парков Вологодской области. Бюллетень Главного ботанического сада. М.: Наука, 1997. Вып. 175. С. 66–72.
- 13. Чхобадзе А.Б. Принципы оценки статуса редкости лихенизированных грибов Вологодской области (подходы и проблемы). Проблемы экологии на пути к устойчивому развитию регионов. Вологда: ВоГТУ, 2001. С. 143–145.
- 14. *Чхобадзе А.Б.* Редкие виды лихенизированных грибов Вологодской области. Тезисы VII молодёжной конференции ботаников в Санкт-Петербурге. СПб.: Буслай, 2000. С. 88–89.
- 15. Atlas of high conservation value areas, and analysis of gaps and representativeness of the protected area network in northwest Russia: Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, and Murmansk

Regions, Republic of Karelia, and City of St. Petersburg. Ed. by K. Kobyakov, Je. Jakovlev. The English Revised Edition. Helsinki: Finnish Environment Institute, 2013. 257 p.

16. Walter H., Breckle S.-W. Ökologische Grundlagen in globaler Sicht (UTB Große Reihe). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1983. 238 p.

#### REFERENCES

- 1. Atlas of high conservation value areas, and analysis of gaps and representativeness of the protected area network in northwest Russia: Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, and Murmansk Regions, Republic of Karelia, and City of St. Petersburg. Ed. by K. Kobyakov, Je. Jakovlev. The English Revised Edition. Helsinki: Finnish Environment Institute, 2013. 257 p.
- 2. *Belova Yu.N.*, *Borisov M.Ya.*, *Maksutova N.K.*, *Chkhobadze AB*, *Shabunov A.A.* Territories of special conservation value of Vologda region. Emerald book of the Russian Federation. Territories of special conservation value of European Russia: proposals for identification. Moscow: Institute of Geography RAS, 2011–2013. Part 1. P. 21–30. (in Russian).
- 3. *Chkhobadze A.B.* Principles for assessing the rarity status of lichenized fungi of the Vologda region (approaches and problems). Environmental problems on the way to sustainable development of regions. Vologda: Vologda State Technical University, 2001. P. 143–145 (in Russian).
- 4. *Chkhobadze A.B.* Rare species of lichenized fungi of the Vologda region. Abstracts of the VII youth conference of botanists in St. Petersburg. St. Petersburg: Buslay, 2000. P. 88–89 (in Russian).
- 5. *Chkhobadze A.B.* To the study of lichen flora of old manor parks of the Vologda region. Bulletin of the Main Botanical Garden. Moscow: Science, 1997. Iss. 175. P. 66–72 (in Russian).
- 6. *Kozlov D.N.* Inventory of landscape cover by spatial analysis methods for the purposes of landscape planning. Landscape planning: common grounds, methodology, technology: Proceedings of the International school-conference "Landscape Planning". Moscow: Faculty of Geography of Moscow State University, 2006. P. 117–137 (in Russian).
- 7. Lebedeva N.V., Krivolutsky D.A., Puzachenko Yu.G., Dyakonov K.N., Aleschenko G.M., Smurov A.V., Maksimov V.N., Tikunov V.S., Ogureeva G.N., Kotova T.V. Geography and monitoring of biodiversity. Moscow: Publishing house of the Scientific and educational center, 2002. 432 p. (in Russian).
- 8. *Maksutova N.K.* (a) Analysis of the location of the network of specially protected natural territories of the Vologda region. Successes of modern natural science: scientific and theoretical journal. Moscow: Academy of Natural Sciences, 2010. P. 14–15 (in Russian).
- 9. *Maksutova N.K.* (b) Evaluation of the management efficiency of protected areas of the Vologda region. Successes of modern natural science: scientific-theoretical journal. Moscow: Academy of Natural Sciences, 2010. P. 15–16 (in Russian).
- 10. *Malyshev L.I.* Biological diversity in the spatial problem. Biological diversity: approaches to the study and conservation: Proceedings of conferences of the Botanical Institute of RAS and Zoological Institute of RAS, February 14–15 and May 14–15, 1990. St. Petersburg: Zoological Institute of RASN, 1992. P. 41–52 (in Russian).
- 11. Monitoring of biological diversity of Russian forests: methodology and methods. Center for Forest Ecology and Productivity of RAS. Moscow: Science, 2008. 453 p. (in Russian).
- 12. *Ogureyeva G.N.* Mapping of Biomes of Russia. Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography, 2001. No 5. P. 31–36 (in Russian).
- 13. *Puzachenko M.Yu.*, *Chernenkova T.V.* GIS technologies in monitoring forest biodiversity. ArcReview, 2006. No 4 (39) (in Russian).
- 14. *Tishkov A.A.* Biospheric functions of natural ecosystems of Russia. Moscow: Science, 2005. 309 p. (in Russian).

- 15. The Red Book of the Vologda region. V. 2. Plants and fungi. Ed. by G. Yu. Konechnaya, T.A. Suslova. Vologda: Vologda State Pedagogical University; Publishing house "Rus", 2004. 359 p. (in Russian).
- 16. Walter H., Breckle S.-W. Ökologische Grundlagen in globaler Sicht (UTB Große Reihe). Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1983. 238 p. (in German).

УДК: 930.85 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-358-369

А.А. Малинов<sup>1</sup>, Е.В. Давутов<sup>2</sup>

# РЕКОНСТРУКЦИЯ КОЛОКОЛЬНЫХ ЗВОНОВ В АРХИТЕКТУРНО-ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ НА КАРТЕ МОСКВЫ

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассматривается возможность реконструкции колокольных звонов в архитектурно-градостроительной структуре на примере города Москвы.

Основу русских городов представляют собой крепости, укрепления, посады и слободы. С принятием христианства доминирующая роль в планировочно-пространственной системе русских городов принадлежит духовным объектам (храмы, колокольни, монастыри). У каждой слободы свой соборный храм, являющийся архитектурной доминантой. Он же служит композиционным и духовным ориентиром. Русский город становится хранителем духовных ценностей.

Оповещение и призыв горожан ведутся с глубокой древности; большую роль в этом издревле играют колокола, пришедшие в жизнь русского народа с принятием христианства в конце X века, вероятнее всего из Западной Европы, и практически сразу ставшие частью русской культуры. С изобретением плоских колоколов впервые в мире появляется возможность проводить исследования колокольного звона в лабораторных условиях.

Методом наложения на план города Москвы архитектора Ивана Мичурина 1739 года реконструирован соборный московский благовест первой половины XVIII века, постановленный Дикастерией (духовной консисторией) в 1727 году в соответствии с перечнем храмов и монастырей, участвующих в благовесте после соборного благовеста большого Успенского собора. Храм Воскресения Христова в Кадашах расположен на главной композиционной и дозорной оси Москвы (колокольня Ивана Великого – церковь Вознесения в селе Коломенском).

Строятся новые храмы, идёт возрождение традиций колокольного звона — уникальной составляющей русской культуры, которую необходимо интегрировать в духовную жизнь города и российскую туристическую практику.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реконструкция, колокольный звон, карта, исследование, возрождение традиций

\_

 $<sup>^1</sup>$  Московский Архитектурный Институт, ул. Рождественка, д. 11/4, к. 1, стр. 4, 107031, Москва, Россия, e-mail: malinovalex@vandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский Государственный Строительный Университет, ш. Ярославское, д. 26, 129337, Москва, Россия, *e-mail:* evgeny2012g@yandex.ru

### Alexander A. Malinov<sup>1</sup>, Evgeny V. Davutov<sup>2</sup>

# RECONSTRUCTION OF BELL RINGS IN ARCHITECTURAL AND URBAN DEVELOPMENT PLANNING ON THE MAP OF MOSCOW

#### **ABSTRACT**

The possibility of reconstructing the bells in the architectural and town planning structure is considered on the example of the city of Moscow.

The basis of the Russian cities are a fortress, fortifications, towns and settlements. With the adoption of Christianity, the dominant role in the planning-spatial system of Russian cities belongs to spiritual objects (temples, bell towers, monasteries). Each settlement has its own cathedral church, which is an architectural dominant. It also serves as a compositional and spiritual guide. Russian city becomes the keeper of spiritual values.

The warning and the call of the townspeople are conducted from deep antiquity, an important role in this is played by the bells that came to life of the Russian people with the adoption of Christianity at the end of the XX century, most likely from Western Europe, and almost immediately became part of Russian culture. With the invention of flat bells for the first time in the world, it is possible to carry out studies of bell ringing in the laboratory.

The Moscow bells of the first half of the XVIII century, decreed by the Dicasteria (spiritual consistory) in 1727, was reconstructed using the method of imposing on the plan of Moscow created by architect Ivan Michurin at 1739 in accordance with the list of temples and monasteries participating in the bells after the Cathedral bells of the Great Assumption Cathedral. The Church of the Resurrection of Christ in Kadashi is located on the main compositional and sentinel axis of Moscow (the Ivan the Great Bell Tower is the Church of the Ascension in the village of Kolomenskoye).

New churches are being built, there is a revival of the traditions of the bell ringing — a unique component of Russian culture, which must be integrated into the spiritual life of the city and the Russian tourist practice.

**KEYWORDS:** reconstruction, bell ringing, map, research, revival of traditions

#### **ВВЕДЕНИЕ**

С древних времён градостроительная политика на Руси своим началом и традициями восходила к Древней Греции, Византии и веками осуществлялась в планировочно-пространственной системе русских городов. В соответствии с законодательством город планировался не только исходя из условий максимального удобства для жителей, но и был связан с существующим природным ландшафтом и соответствовал требованиям обороны. Место расположения нового города обычно складывалось исторически, выбирали его соответственно времени и так, чтобы он максимально вписывался в окружающую среду. Учитывались при строительстве города его дальнейший рост и развитие, поэтому, как правило, под новый город выделялась территория его жизнеобеспечения, отводили земли под пашни, покосы, выгоны для скота. Известны несколько типов русских городов: города, расположенные на слиянии двух рек; города, расположенные на большой реке; города, расположенные на холмах, пересечённой местности и другие.

Основу русских городов представляли собой крепость, укрепления, посад и слободы. Города, как правило, были компактными и имели округлую форму в плане. С принятием

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Moscow Architectural Institute, st. Rozhdestvenka, 11/4, building 1, p. 4, 107031, Moscow, Russia, *e-mail:* malinovalex@vandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye Shosse, 26, 129337, Moscow, Russia, *e-mail:* **evgeny2012g@yandex.ru** 

христианства главное значение составляли вера и религия, поэтому в русском городе, помимо надёжных крепостей, строились духовные объекты, являвшиеся его доминантами — храмы, колокольни, монастыри. Они же служили композиционными и духовными ориентирами, представляли собой систему символик, подобие граду небесному, были прекрасны и понятны верующему человеку. Русский город был хранителем духовных ценностей и национальных традиций. Непременным было условие: и из города, и на город должен открываться красивый вид.

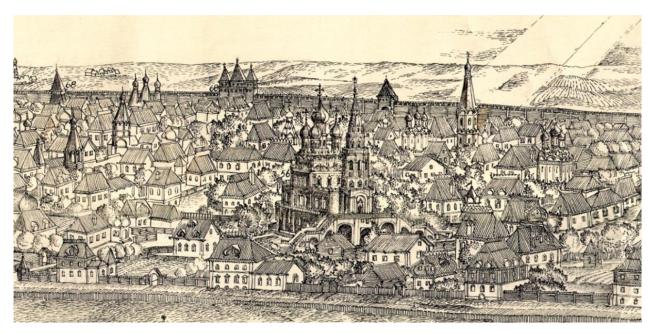


Рис. 1. Фрагмент панорамы А.А. Малинова «Кремль и Замоскворечье в конце XVII века». Рисунок реконструкции пером и тушью. 80-е годы XX века. Доминирующее значение вновь построенной в конце XVII века церкви Воскресения в Кадашах. Изображение храма выполнено по реконструкции и чертежам реставратора Γ.В. Алфёровой Fig. 1. Fragment of panorama of A.A. Malinov "The Kremlin and Zamoskvorechye (Beyond the Moscow River) at the end of the XVII century". Reconstruction drawing with pen and ink. 80s of the XX century.

The dominant importance of the newly built at the end of the XVII century Church of the Resurrection in Kadashi. The image of the temple was made according to the reconstruction and drawings of the restorer G. Alfyorova

# МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Под строительство сооружений древней Москвы место выбиралось тщательно; оно органично вписывалось в окружающую среду, и сама система древнерусского города была органичной. Город развивался на реках: на одной холмистой стороне Москвы-реки собственно Кремль, Китай-город, а на другой, пойменной, в Замоскворечье — слободы, которые также были защищены стенами Скородома — «скоро задуманный и скоро выстроенный» [Забелин, 1990, с. 160].

Градостроительная концепция русских городов не только предполагала удобство жителей, но и исходила из требований обороны, пожарной безопасности, оповещения жителей о наступлении неприятеля, в чём большую роль издревле играли колокола.

Оповещение и призыв горожан велись с глубокой древности не только на Руси. При проведении раскопок в Ассирии были обнаружены бронзовые колокольчики. На древних рисунках Китая, Египта и Греции часто встречались изображения колоколов. «Во время

раскопок в конце 70-х годов XX в. в Китае было обнаружено захоронение правителя княжества Цзэн, умершего в 433 году до Р.Х., а в нём набор из шестидесяти четырёх бронзовых колоколов» [Мокеев, Щенков, 1993]. «Один из древнейших колокольчиков, найденных на территории России, представлен на навершии посоха из кургана Уральского аула периода скифо-сарматских народов Северного Причерноморья» (VI–V века до Рождества Христова, хранится в Эрмитаже) [Рыбаков, 1987]. Самые древние колокольчики и колокола (ІІІ тысячелетие до Рождества Христова) найдены на территории Японии и Китая, откуда они распространились в Индию, Бирму, Вьетнам, Корею и в другие страны Юго-Восточной Азии и Дальнего Востока.



Рис. 2. Общинные слободы на карте Москвы. Автор А.В. Тимашков Fig. 2. Community Sloboda on the map of Moscow. Author A.V. Timashkov

Практически все колокола согласно энциклопедии Ф. Брокгауза и И. Ефрона делятся на три типа: китайские (древнейшие), западноевропейские и русские. В жизнь русского народа колокола прочно вошли с принятием христианства в конце X века, придя вероятнее всего из Западной Европы, и практически сразу стали частью русской культуры, сопровождая жизнь православного человека от рождения, крещения и венчания до отпевания. Впервые колокола упоминаются в 3-й Новгородской летописи в 1066 году. Колокола тогда были редкостью по сравнению с билами или бильцами, металлическими или деревянными досками – клепалами, по которым ударяли молотком или колотушкой (были два вида бил – малое, которое носили в руке, и большое, подвешенное на столбе). В

середине XI века колокола повесили при храме Святой Софии в Новгороде, при Десятинной и Ирининской церквах в Киеве.

Звук из колокола извлекался тремя способами: самый древний из них — удар по внешней стороне. Он по настоящее время используется в Китае и Японии. В больших китайских колоколах нет языка, а извлечение звука производится ударом молота или торцом подвешенного горизонтально бревна. В Западной Европе колокола раскачивают при свободно подвешенном языке. На Руси с XVII века стали применять так называемый язычный способ, когда колокол оставался неподвижен, а звук извлекался ударами языка по его внутреннему краю, выдавая различные звуковые диапазоны.

Помимо вовлечения в церковные обряды колокола использовались и в гражданской жизни, приобретая со временем всё большее распространение в различных её сферах, сообщая о государственных или поместных событиях, приближении врага, встрече высоких гостей. Колокольный звон размерял время, извещал о пожарах.

Специальные набатные колокола находились в Кремле. Они висели с трёх сторон, там же, где располагались башенные часы:

- у Спасских ворот (Спасский набат);
- на Тайницкой башне (к Замоскворечью);
- на Троицких воротах (к Занеглименью).

До сих пор сохранилась настенная башня у Спасских ворот. В разное время она называлась Царской, Сторожевой, Набатной, Всполошной. Три последних названия дал ей висевший здесь колокол, который оповещал о грозящей городу опасности: приближении врага, пожаре или мятеже. О приближении неприятеля жителей русских городов извещали специальные осадные колокола, которые отличались от набатных по звуку для того, чтобы горожане могли отличить пожар или мятеж от нападения врага. Так, в 1581 году осадный колокол предупредил жителей Пскова об осаде города войском Стефана Батория. А во время Крымской войны, например, специальные караульные находились на колокольнях «... таким образом, что при первом появлении неприятеля... караульный ударит в набат» [Иконников, 1973]. Били в набатные колокола и по другим поводам. Например, специальным распоряжением сельские и церковные сторожа должны были «производить в сёлах во время вьюг и метелей, днём и ночью, пока не стихнет буря, охранительный для путешествующих метельный звон» [Малинов и др., 2016].

Во время пожаров на Руси народ выбегал из домов и создавал панику, не понимая, откуда идёт огонь. При царе Алексее Михайловиче 6 января 1668 года беспорядочный звон сменила набатная сигнализация иным определённым порядком подачи звука: «Буде загорится в Кремле городе, в котором месте нибудь, и в тою пору бить во все три набата в оба края по скору. А буде загорится в Китае, в котором месте нибудь, и в тою пору бить оба же края полехче, один край по скору же. А буде загорится в Белом городе от Тверских ворот по правой стороне где нибудь до Москвы-реки, и в тою же пору бить в Спасский же набат в оба края потише. А буде в Земляном, в обои же края и тово потише» [Кудрявцев, Кудрявцева, 1974].

Использовались и иные методы оповещений. Русский журналист, писатель В. Гиляровский в произведении «Москва и москвичи» писал о системе оповещения: «... – Где? Какой? – В Охотном! Третий! – отвечает часовой сверху. А сам уже поднимает два шара на коромысле каланчи, знак Тверской части. Городская один шар, Пятницкая – четыре, Мясницкая – три шара, а остальные – где шар и крест, где два шара и крест – знаки, по которым обыватель узнавал, в какой части города пожар... Ночью вывешивались вместо шаров фонари: шар – белый фонарь, крест – красный» [Гиляровский, 1967, с. 199–200].

Народ издревле наделял колокола легендами, рассказывающими о способности колокольного звона совершать чудеса: самопроизвольно звонить, предупреждая об опасности, защищать от болезней, эпидемий, засухи и голода. Утверждалось также, что среди церковного люда дольше всех живут звонари, и не только благодаря физической

зарядке, ежедневному и многоразовому поднятию на колокольню, но и постоянному нахождению под колоколом, получая как бы звуковой массаж. Народным поверьям вторит наука. Так, ещё на Древнем Востоке было известно, что вибрации, которые издаются чашами во время ударов по ним молоточками, способствуют восстановлению жизнедеятельности организма человека, нарушенного болезнью. Объясняется это тем, что во время удара металла о металл от звучащего металлического полого предмета исходит направленная энергия, которая стимулирует деятельность нейронов мозга и клеток тела, вызывая в человеке оперативную готовность. Это подтверждается исследованиями учёных, в том числе в научных лабораториях, вследствие чего доказано, что звон колокола действует целительно на всех, находящихся в диапазоне его слышимости независимо от отношения к религии. Так, японские исследователи помещали в сосуд с водой несколько типов вирусов и ставили его под купол колокола. Большая часть вирусов (около 90 %) за исключением самых стойких погибала. После повторения опыта с использованием записи колокольного звона погибло около 50 % вирусов. Этим и объясняется целительное воздействие колокольного звона на организм человека, на 70 % состоящего из воды.

В 1991 году, благодаря изобретению А.И. Жихаревым плоских колоколов, впервые в мире появилась уникальная звонница из плоских колоколов, пародирующих церковные колокола, вследствие чего стало возможным провести исследования, подтверждающие целительную способность колокольного звона. В 2000-м году в Москве состоялся 1-ый Международный конгресс «Музыкотерапия и восстановительная медицина в XXI веке». Был заслушан доклад И.Г. Шарикова «Об использовании колоколов и бил в музыкальной терапии», в котором были приведены факты, свидетельствующие о целительном воздействии звучания плоских колоколов на человеческий организм, в частности, низкочастотной частью спектра, излучаемой плоским колоколом в диапазоне 40–2000 Гц, благотворно влияющей на состояние человека и оптимизирующей гидродинамические процессы в кровеносной системе.

До революции в России было 1270 монастырей, около 80 000 храмов. Российские колокола по православным праздникам в суммарном потенциале их излучения в ультразвуковом диапазоне способны были отклонить от траектории ракету средней дальности, практически создавая звуковой купол. Голландский путешественник, этнограф, писатель Корнелий де Бруин, дважды посетивший Россию в 1701–1703 годах и в 1707–1708 годах, так описывает Москву: «... Церквей и монастырей в городе Москве... такое множество, что их насчитывают до шестисот семидесяти девяти... <... > Русские освящают колокола и звонят в них по большим праздникам во время богослужения, а в ночь перед Пасхой, а также весь первый и второй день по всей Москве звонят в колокола не переставая» [де Бруин, 1873]. Путешествующих по России поражало не только обилие колоколов, но и их габариты, уже в середине XVI века превосходившие европейские образцы. Например, в Европе 150-пудовые колокола были большой редкостью, а в России таких было множество и звучали они по будням; по праздникам же благовестили полиелейные колокола весом до 700 пудов. Экземпляры в 1000 пудов назывались воскресными, а больше – праздничными.

Церкви с колокольнями обычно строили в стратегически важных местах, на перекрёстках дорог. Расстояние между ними всегда определяла различимость колокольного звона, а колокола на колокольнях, расположенных по-соседству, имели разный тембр звука. По Патриаршему постановлению благовест при церквах начинали только после соборного. Так, в Москве благовест при церквах и монастырях производили по благовесту большого Успенского собора. «Все прочие церкви должны были выслушать первый удар Успенского колокола и по второму начинать свой благовест»<sup>1</sup>. В 1727 году Дикастерией<sup>2</sup> было

\_

<sup>1</sup> Указание времён церковного богослужения по уставу Московского Большого Успенского собора

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> В России до 1740-х годов – название Духовной консистории

постановлено за дальностью соборного благовеста слушать звон при следующих московских церквах:

- 1 Ивановский женский монастырь;
- 2 Церковь Великомученика Никиты за рекой Яузой;
- 3 Церковь Воскресения Словущего в Барашах;
- 4 Церковь Ильи Пророка на Воронцовом поле;
- 5 Сретенский монастырь;
- 6 Церковь Преображения Господня в Пушкарях;
- 7 Церковь Успения Пресвятой Богородицы на Покровке;
- 8 Церковь Харитона Исповедника в Огородниках;
- 9 Никитский монастырь;
- 10 Георгиевский монастырь;
- 11 Страстной монастырь;
- 12 Церковь Вознесения Господня за Никитскими воротами;
- 13 Воздвиженский монастырь;
- 14 Алексеевский женский монастырь;
- 15 Зачатьевский женский монастырь;
- 16 Церковь Николы Явленного за арбатскими воротами;
- 17 Церковь Воскресения Христова в Кадашах;
- 18 Церковь Николая Чудотворца на Берсеневке;
- 19 Церковь Космы и Дамиана в Нижних Садовниках;
- 20 Церковь Иоанна Воина.

После центральных и монастырских соборов начинали звонить колокола главной церкви Замоскворечья храма Воскресенья Христова в Кадашах, расположенного на главной композиционной и дозорной оси Москвы — от колокольни Ивана Великого до церкви Вознесения в селе Коломенское.

Российские колокола, в отличие от западных, имеющих звук только определённого тона, выдают целый аккорд, целую звуковую гамму с преобладанием трёхголосого звучания — «трезвона», поэтому со временем колокольный звон стал развиваться и как народное искусство. Известный русский звонарь второй половины XIX века А. Смагин приглашал крестьян Московской области на празднование окончания жатвы прослушать музыкальную программу, исполняемую на кремлёвских колоколах и колоколах московских храмов: «Через минуту густой удар Полиелейного колокола загудел и пронёсся над Москвой, ему в октаву отозвались Кадаши, Никола Большой Крест, Зачатьевский монастырь, и Ростовский перезвон охватил всю Москву. Медные звуки, падающие с высоты на головы стихшей толпы, были подобны взмахам крыл какой-то неведомой птицы» [Муравьёв, 2011, с. 44.].

Но наступил 1930 год, по стране прошла «антиколокольная» кампания и 30 января этого же года решением Облисполкома и Моссовета колокольный звон был запрещён. Январское постановление поставило точку в многолетней борьбе новой власти с колоколами, начатой в 1920-е годы. Закрывались храмы, колокола снимались с колоколен; сколько их было разбито, переплавлено и вывезено за границу, подсчитать невозможно. Известно только, что в Москве полностью были сохранены лишь два комплекта колоколов – на храме Ильи Пророка в Черкизове и на маленькой церквушке Покрова на Лыщиковой горе. Только во время Великой Отечественной войны началась «церковная оттепель»; соборам и храмам, особо почитаемым в народе, было разрешено возобновить колокольные звоны в праздничные дни.

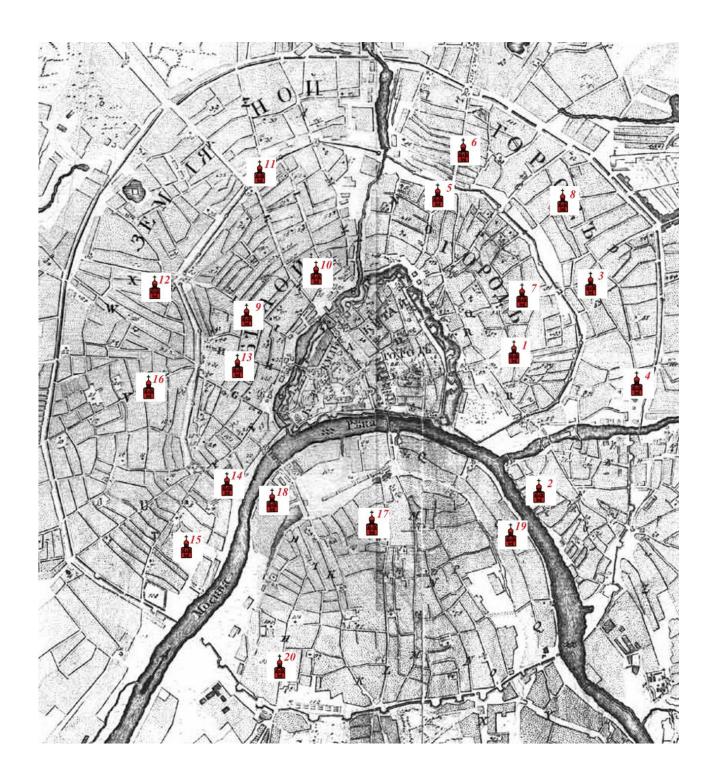


Рис. 3. План Москвы архитектора Ивана Мичурина 1739 года. На плане помечены церкви, участвовавшие в московском благовесте. Автор Е.В. Давутов

Fig. 3. Plan of Moscow created by architect Ivan Michurin, 1739. In this plan, the churches that participated in the Moscow bells are marked. The author is Evgeny V. Davutov

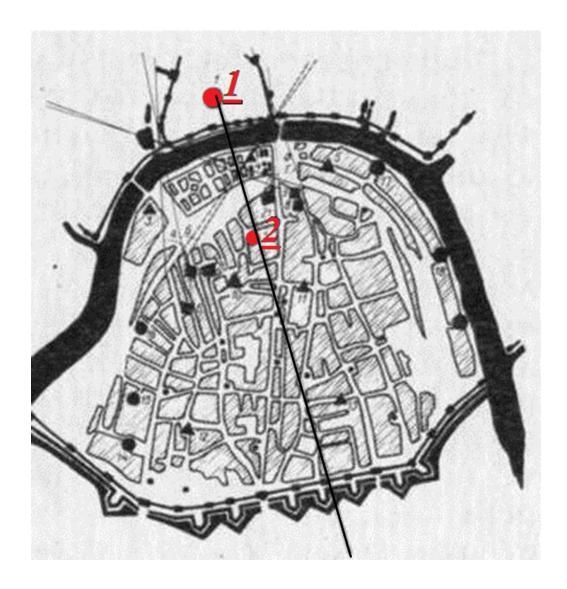


Рис. 4. Градостроительное значение храма в Кадашах, находящегося на оси главной композиционной вехи Замоскворечья [Алфёрова, 1974]. Цифрами на схеме обозначены:

1 – колокольня Ивана Великого;

2 – колокольня храма Воскресения Христова в Кадашах

Fig. 4. The town-planning significance of the Kadashi temple

located on the axis of the major composition milestone of Zamoskvorechye [Alfyorova, 1974].

The numbers on the scheme denote:

1 – the bell tower of Ivan the Great;

2 – the bell tower of the Church of the Resurrection of Christ in Kadashi

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Окончательно запрет на колокольный звон был снят только на празднование тысячелетия Крещения Руси. Но многие колокола так и не вернулись на свои исторические колокольни. Так, например, знаменитые колокола Воскресенского храма в Кадашах: колокол благовестник весом 400 пудов и полиелейный весом 200 пудов по распоряжению Председателя комиссии по вопросам культов при Президиуме ВЦИК П. Смидовича от 22 августа 1932 года были отданы во временное и безвозмездное пользование Большому театру, где они сохранились и были спасены от уничтожения, однако находятся и по

настоящее время. А ведь звон Кадашевских колоколов с знаменитой Кадашевской колокольни — «свечи» разносился над всей Москвой и задавал тон всему музыкальному строю московских звонов. Звук распространялся по долине Москвы-реки. Кроме того, красота и гармония архитектуры храма — образца нарышкинского барокко с ярко-красной окраской и белокаменной резьбой — выделялась в градостроительной композиции Москвы.

Помимо Воскресенских колоколов, в звоннице Большого театра находятся 10 колоколов с колокольни Старообрядческой церкви на Немецком рынке, девять колоколов с колокольни церкви Якова апостола в Яковлевском переулке у Курского вокзала и по два колокола с колоколен церкви Григория Неокесарийского на Большой Полянке и церкви Грузинской Божьей Матери на Лубянской площади.

Многие выдающиеся деятели русской культуры к проблеме передачи церковных колоколов храмам отнеслись с пониманием. Из старого и нового МХАТа колокола вернулись в Троице-Сергиеву Лавру, Оптину Пустынь, в храмы Большое Вознесение и Иоанна Воина на Якиманке. Театр имени Станиславского и Немировича-Данченко передал свои колокола храму Спаса на Песках, Кремлёвский Дворец – Казанскому собору. «Родные колокола Даниловского монастыря вернулись домой 17 марта 2009 года в день памяти благоверного князя Даниила Московского» [Горохов, 2016] из Гарвардского университета США, преодолев Атлантический океан.

Акт возвращения колоколов на свои исторические места стал восстановлением исторической справедливости. Ведь только в открытом пространстве церковный колокол может явить миру всю красоту и полноту своего звучания.

#### выводы

Константин Константинович Сараджев – выдающийся музыкант, замечательный звонарь, обладавший феноменальным слухом, всю жизнь посвятивший колокольным звонам и создавший «нотную запись 317 звуковых спектров (обертоновых рядов) наиболее крупных колоколов всех Московских церквей, монастырей и соборов (всего 295 колоколен и звонниц)» [Цветаева, 1977], мечтал о возрождении колокольной музыки и создании государственной колокольни, отделённой от церкви. Строятся новые храмы, и вместе с этим идёт возрождение традиции «колокольного звона – уникального пласта русской культуры, уходящего в глубину веков» [там же]. Он приобщает нас к нашей национальной культуре, становится доступным для обозрения и слуха не только православных христиан, москвичей, но и гостей столицы, паломников, всех просвещённых людей. Являясь уникальной составляющей русской культуры, колокольный звон несёт историческую ценность, передаёт её грядущему поколению, улучшает качество городской среды, придаёт Москве самобытность и делает город известным и привлекательным не только для россиян, но и туристов со всего мира. В мировой туристической практике используются самые разные способы интеграции национальной культуры в экономическую и духовную жизнь городов, а «Москва, один из красивейших мировых центров, обязана этим преимуществом своей старине» [Дроздов, 2012].

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность архитектору-градостроителю, члену Федерального научно-методического совета по культурному наследию Минкультуры РФ И.В. Матюшиной и церковно-археологическому музею «Кадашевская слобода» за предоставленные историко-архивные материалы.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors are grateful to the architect and town planner, a member of the Federal Scientific and Methodological Council on Cultural Heritage of the Ministry of Culture of the Russian

Federation I.V. Matyushina and the Church and Archaeological Museum "Kadashevskaya Sloboda" ("Kadashi Settlement") for providing historical and archival materials.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алфёрова Г.В. Памятник русского зодчества в Кадашах. История его реставрации. М.: Просвещение, 1974. 192 с.
- 2. *де Бруин К*. Путешествие через Московию в Персию и Индию. М., 1873. 293 с. Электронный ресурс: www.zvon.ru/article3.view5.page6.part16.html (дата обращения: 01.03.2018).
- 3. Гиляровский В.А. Москва и москвичи. Сочинение в четырёх томах. Т. 4. М.: Правда, 1967.
- 4. *Горохов В.А.* Монастыри Беларуси. Витебская епархия. Сергиев Посад: Свято-Троицкая Сергиева Лавра, 2016. 207 с.
- 5. Дроздов Д. Большая Ордынка. Прогулка по Замоскворечью. 2012. Электронный ресурс: www.litres.ru/denis-drozdov/pereulki-zamoskvorechya (дата обращения 01.03.2018).
- 6. *Забелин Е.Г.* История города Москвы. М.: Столица, 1990. 651 с.
- 7. *Иконников А.В.* Мера пространства человек. Декоративное искусство СССР, 1973. № 3. С. 15–25.
- 8. *Кудрявцев М.П., Кудрявцева Т.Н.* Опыт проведения предпроекгных исследований исторически ценных городов. М.: ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре, 1974. 54 с.
- 9. *Малинов А.А., Малая Е.В., Тимашков А.В.* Развитие общинных функций в современных малых городах и поселениях. Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ: Тезисы докладов международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов. М.: МАРХИ, 2016. С. 343–348.
- 10. *Мокеев Г.Я.*, *Щенков А.С.* Планировочная структура городов. Древнерусское градостроительство X–XV вв. M.: Стройиздат, 1993. С. 17–23.
- 11. Муравьёв В.Б. Старая Москва в легендах и преданиях. М.: Эксмо, Алгоритм, 2011. 606 с.
- 12. Рыбаков Б.А. Язычество Древней Руси. М.: Наука, 1987. 803 с.
- 13. *Цветаева А.И.* Сказ о звонаре московском. Журнал «Москва», 1977. № 7. С. 129–171.

#### **REFERENCES**

- 1. *Alfyorova G.V.* Monument of Russian architecture in Kadashi. The story of his restoration. Moscow: Enlightenment, 1974. 192 p. (in Russian).
- 2. *de Bruin C*. Travelling through Muscovy to Persia and India. Moscow: 1873. 293 p. Web resource: www.zvon.ru/article3.view5.page6.part16.html (accessed 01.03.2018) (in Russian).
- 3. *Drozdov D.* Big Ordynka. Walking in Zamoskvorechye. 2012. Web resource: www.litres.ru/denis-drozdov/pereulki-zamoskvorechya (accessed 01.03.2018) (in Russian).
- 4. *Gilyarovsky V.A.* Moscow and Muscovites. Composition in four volumes. V. 4. Moscow: True, 1967 (in Russian).
- 5. *Gorokhov V.A.* Monasteries of Belarus. Vitebsk Diocese. Sergiev Posad: Holy Trinity St. Sergius Lavra, 2016. 207 p. (in Russian).
- 6. *Ikonnikov A.V.* A measure of space a man. Decorative art of the USSR, 1973. No 3. P. 15–25 (in Russian).
- 7. *Kudryavtsev M.P.*, *Kudryavtseva T.N*. Experience in conducting pre-project studies of historically valuable cities. Moscow: CSTI of civil engineering and architecture, 1974. 54 p. (in Russian).
- 8. *Malinov A.A.*, *Malaya E.V.*, *Timashkov A.V.* Development of communal functions in modern small towns and settlements. Science, education and experimental design in Moscow Architectural

Institute: Abstracts of international scientific reports practical conference of the faculty, young scientists and students. Moscow: MARCHI, 2016. P. 343–348 (in Russian).

- 9. *Mokeev G.Ya.*, *Shchenkov A.S.* Planning structure of cities. Old Russian town planning of the X–XV centuries. Moscow: Stroiizdat, 1993. C. 17–23 (in Russian).
- 10. Muravyov V.B. Old Moscow in legends. Moscow: Eksmo, Algorithm, 2011. 606 p. (in Russian).
- 11. Rybakov B.A. Paganism of Ancient Russia. Moscow: Science, 1987. 803 p. (in Russian).
- 12. *Tsvetaeva A.I.* The Tale of the Moscow Ringer. The magazine "Moscow", 1977. No 7. P. 129–171 (in Russian).
- 13. Zabelin E.G. History of the city of Moscow. Moscow: Capital, 1990. 651 p. (in Russian).

УДК: 528.942:94(470)"16/18" DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-370-382

М.А. Новиков<sup>1</sup>, М.Н. Харламова<sup>2</sup>

#### ПОЯВЛЕНИЕ ЯМАЛА НА КАРТЕ РОССИИ. ИСААК МАССА И ПОИСКИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ХОДА В КИТАЙ

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассмотрена деятельность голландского купца и картографа Исаака Массы в Московии в начале XVII века. Проанализирована информация о происхождении карты северного берега России и прежде всего полуострова Ямал и Обской губы. В отечественной исторической литературе Массу принято считать иностранным агентом, организовавшим передачу секретных картографических сведений о Московии в Нидерланды. В то же время подбор исторических фактов и документов, сама логика действия Массы в России говорит об обратном. Он, безусловно, был одним из тех, кто причастен к созданию новейшей карты побережья Северного Ледовитого океана и генеральной карты России, но делал это при прямой поддержке русских влиятельных кругов и в интересах России.

Выдвинуто предположение, что на начальном этапе своей деятельности в России Масса представлял интересы в первую очередь клана купцов Строгановых, желающих включить Сибирь в сферу своего непосредственного влияния. Материал для составления чертежа Ямала, а это было первое изображение полуострова на географических картах, вероятно, был получен от архангельских поморов, ходивших морским путём торговать в свою факторию Мангазею. Предположение о том, что Масса тайно получил доступ к так называемой Книге Большого чертежа, не выдерживает критики. Масса покинул Московию весной 1609 года, очевидно вполне легально увозя с собой материалы по новейшей картографии страны и имея задание и средства для их скорейшего опубликования на Западе. Опубликованные им карты фактические закрепляли приоритет России на обладание побережьем Западной Сибири.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** Московия, старые географические карты, Исаак Масса, Ямал, Сибирь

Mikhail A. Novikov<sup>3</sup>, Marina N. Kharlamova<sup>4</sup>

## THE APPEARANCE OF YAMAL ON THE MAP OF RUSSIA. ISAAC MASSA AND THE SEARCHES FOR NORTH SEAROUTE TO CHINA

#### **ABSTRACT**

Dutch cartographer and merchant Isaac Massa's activity in Muscovy at the beginning of the XVII century was studied. The information about the origin of the map of the northern coast of Russia, the Yamal Peninsula and the Gulf of Ob in the first place was analysed. In Russian historical publications Massa is considered to be a foreign agent who took a hand in the transfer of confidential information on the cartography of Muscovy to the Netherlands. At the same time, the selection of historical facts and documents and the action logic of Massa suggests otherwise.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Мурманское областное отделение Русского географического общества, ул. Владимирская, д. 17, 183010, Мурманск, *e-mail*: **mnovik@pinro.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Мурманский арктический государственный университет, ул. Коммуны д. 15, 183038, Мурманск, *e-mail*: mnkharlamova@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Russian geographical society, Murmansk regional branch, Vladimirskaya str., 17, 183010, Murmansk, Russia, *e-mail*: mnovik@pinro.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Murmansk Arctic State University, Kommuna str., 15, Murmansk, Russia, *e-mail*: **mnkharlamova@yandex.ru** 

Massa was certainly one of the first who participated in creating the latest maps of the Arctic Ocean coast and the general map of Russia, and he did it with the direct support of influential Russian circles and in the interests of Russia.

We assume that, at the initial stage of his activity in Russia, Massa represented the interests of the first clan of merchants, the Stroganovs, wishing to include Siberia into the sphere of their direct influence. The material for the preparation of the drawing of Yamal, which was the first image of the peninsula on a map, was probably obtained from the Arkhangelsk coast-dwellers (pomors), who went by sea to trade in their trading station Mangazeya. The assumption that Massa secretly gained access to the so-called Book of the Great Drawing (Kniga Bol'shomu chertezhu) does not stand up to criticism. Massa left Muscovy in the spring of 1609, quite legally taking with him the latest materials on the cartography of Russia and with the task to publish them in the west as soon as possible. Published maps, the actual has consolidated the priority of Russia for the possession of the coast of Western Siberia.

**KEYWORDS:** Muscovy, old geographic maps, Isaac Massa, Yamal, Siberia

#### **ВВЕДЕНИЕ**

История тематического картографирования в России нечасто привлекала внимание историков картографии и географов [Январёва, 2012], тем самым оставляя возможности для переоценок и уточнений отдельных фактов. Особое место здесь занимает освоение Сибири. Официальное географическое открытие полуострова Ямал (до начала XX века Самоедского полуострова) обычно ассоциируется с лейтенантами русского флота С.Г. Малыгиным и А.И. Скуратовым, обогнувшими на двух ботах полуостров во время Великой Северной экспедиции в 1736 году. Одновременно с плаванием судов геодезист В. Селифонтов проехал «сухим» путём вдоль восточного и северного берегов Ямала, сделав съёмку местности. На основании этого была составлена первая точная карта полуострова [Житков, 1913]. Однако история реального обнаружения полуострова Ямал уходит корнями по меньшей мере в начало XVI века и связана с первопроходцами-мореходами русского Севера – поморами, искавшими новые торговые связи на востоке и основавшими на реке Таз свою факторию Мангазею. На географических картах полуостров, который следует считать Ямалом, появился в 1612 году. Это была карта, изданная в Амстердаме. Принципиальным моментом можно считать наличие на этой карте Обской губы с оригинальным названием "Obb reca". В тоже время известно, что западные мореходы в то время не достигали берегов полуострова. Так как же это случилось?

В конце XVI — начале XVII веков английские и голландские мореплаватели предпринимали неудачные попытки поиска северного морского прохода в Китай с целью сокращения пути и получения преимущества в торговле. Наиболее известны экспедиции В. Баренца, трагически закончившиеся для него в 1597 году, важным результатом которых стало нанесение на карту западного побережья архипелага Новая Земля. До этого на карте России из Атласа Меркатора, изданного в Голландии в 1595 году, русский Крайний Север был представлен крайне скудно. Кольский полуостров и Белое море отражены в целом узнаваемо. Новая Земля обозначена как факт, без реальных очертаний. Полуостров Ямал отсутствовал. В общем всё было отображено, как на первой относительно полной карте России, выполненной Э. Дженкинсоном и изданной в Европе в 1562 году.

В 1612 году некий Исаак Масса в своих статьях о Сибири, в сборнике, выпущенном в Амстердаме Г. Герритсом, приводит карту северного побережья России, ограниченную на востоке рекой Пясиной, на которой вполне угадываются, пусть и весьма неточные, очертания полуострова Ямал. И хотя сам полуостров не имел названия, на нём были хорошо показаны некоторые существенные географические подробности, а именно отдельные важные элементы гидрографии: реки и озёра, мысы, имеющие русские названия. Многие исследователи, изучающие «географическое творчество» Массы, жившего в России в

период Смутного времени, склонны считать этого молодого голландца фактически шпионом, собиравшим важные сведения о географии Российского государства. Считают, что Масса имел доступ к так называемым путевым чертежам и другими материалам старого варианта «Большого чертежа» – генеральной карты России, выполненной по заданию царя Ивана Грозного [Красникова, 2010, с. 78, 81]. Идея о шпионской деятельности разных иностранных особ в Московии не нова. Б.А. Рыбаков оценивает действия австрийского посла С. Герберштейна при дворе Великого князя Василия III именно с таких позиций [Рыбаков, с. 75]. Подобный же взгляд на Массу при внимательном рассмотрении всех деталей и обстоятельств представляется тенденциозным и нелогичным. Основное сомнение здесь вызывает факт публикации Массой результатов своей «секретной» деятельности в открытой печати уже через три года после возвращения из Московии. Ещё более неожиданным можно считать успешный приезд «шпиона» обратно в страну в качестве посла с подарком русскому царю в виде одного из главных результатов своей предшествующей «работы» – карты России. В настоящем исследовании мы попытались разобраться: насколько же обосновано бытующее в отечественной литературе подозрительное отношение к деятельности И. Массы в России с 1601 по 1609 годы, а также благодаря чему появился Ямал на картах Московии-России.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При выполнении исследований применялись историко-картографические методы, анализ исторических российских и зарубежных источников, в том числе записки самого Массы.

В 1613 году посол Генеральных штатов государства Нидерланды Масса преподнёс молодому царю Михаилу Фёдоровичу в подарок новейшую карту России. Карта была издана Г. Герритсом в Амстердаме в том же году (рис. 1) [Schilder, 1984]. Карта эта, как гласит подпись на ней, была выполнена при непосредственном участии царевича Фёдора Годунова.

Собственно, роль Фёдора Годунова в составлении этой карты до сих пор точно не известна. Есть мнение [Рыбаков, 1974, с. 79–80], что царевич выполнял монтаж всего течения Волги из нескольких чертежей, наносил засечную черту царя Феодора Иоанновича и указал ряд новых городов 1580–1600-х годов. Считается также, что он выполнял эту карту в процессе обучения картографии в качестве задания. Кто был его учителем и когда именно это происходило, неизвестно. Погиб Фёдор в 1605 году в возрасте 15 лет. Однако результат его «научных изысканий» оказался удивительным.

В 1613 году с момента выхода Атласа Меркатора прошло около 18 лет, а с момента смерти Фёдора Борисовича — менее 8 лет. Тем не менее, на новой карте России, не отличающейся в целом высокой точностью, впервые детально и правильно был показан Сухоно-Двинский водный путь из Тотьмы в Архангельск со множеством населённых пунктов вдоль него. Появились почти правильные очертания южного острова архипелага Новая Земля, а главное для нас — концептуально правильные очертания полуострова Ямал с островом Белым чуть западнее места впадения реки Оби в Карское море. Наименовались Ямал и Гыданский полуостров Самоедами (Samoieda), то есть Землёй самоедов, что в принципе было верно. Южнее располагалась уже известная Обдора. Название «остров Белый» дано в русской транскрипции латинскими буквами, как и все подписи на самом полуострове. Это как минимум обозначает тот факт, что первенство в обнаружении и острова, и полуострова принадлежит русским мореходам. Для сравнения, Белое море на карте традиционно именовалось Album Mare.

У Б.М. Житкова содержится указание на то, что эта карта была заказана Борисом Годуновым у голландцев в 1599 году [Житков, 1913, с. 110]. Эта идея кажется весьма продуктивной. Европейские устремления Годунова известны. Его желание получить

полную карту страны как символ власти новой династии вполне понятно. Возможно, толчок к заказу карты дало известие о третьей экспедиции голландца В. Баренца по поиску северного пути в Китай, остатки которой были спасены поморами летом 1597 года. Можно допустить, что некий картограф прибыл в Россию как раз в 1601 году для работы над картой. Масса прибыл в страну вместе с ним. Но не один же он отправился в это опасное путешествие в 14 лет? Тем более, что попасть тогда иностранцу в Москву без специального разрешения было невозможно [Кордт, 1902, с. 77–78]. Неизвестный картограф в ходе своей работы у Годунова, вероятно, карту России в основном успел закончить.



Рис. 1. Карта России, выполненная Г. Герритсом с участием Фёдора Годунова. Вариант 1614 года, исправленный

(https://maps.vlasenko.net/historical/russia/1632-hessel.gerritsz.jpg)

Fig.1. Map of Russia made by G. Gerrits with the participation of Feodor Godunov. Variant of 1614, corrected

(https://maps.vlasenko.net/historical/russia/1632-hessel.gerritsz.jpg)

На карте Годунова точно указано место расположения загадочной, по крайней мере для Г. Меркатора и Э. Дженкинсона, Мангазеи, обозначенной как «*Тазовской город*». Вне всякого сомнения, что перечисленные новые картографические сведения были получены, что называется, из местных источников [Schilder, 1984; Красникова, 2010]. Возможно, это был так называемый «Большой чертёж», а также рабочие чертежи и планы к нему. Б.А. Рыбаков считает, что в основу карты Г. Герритса положен русский чертёж 1523 года

[Рыбаков, 1974, с. 80]. Старая карта «Большого чертежа», а также её обновленный вариант, так называемая «полю», считаются утраченными ещё в XVII веке, но в тот момент «Большой чертёж» был только закончен и им активно пользовались [Рыбаков, 1974]. Этими материалами мог пользоваться царевич Фёдор: он с детства привлекался к государственным делам, имел собственную печать. Обучением царевича занимался «дядька» Иван Чемоданов [Русский..., 1905, с. 142]. Однако не ясно, как эти секретные сведения смогли попасть к Массе, а затем в Голландию, чтобы быть там опубликованы.

Итак, в начале XVII века в Москве пребывал тогда ещё никому не известный голландский купец, будущий путешественник, дипломат и картограф Исаак Масса (1587—1643). В 1601 году молодой и малообразованный Масса, выходец из благородной, но обедневшей фамилии, приехал в Москву, чтобы учиться торговле [Кордт, 1902, с. 112—113]. Возможно, он просто эмигрировал из Нидерландов по причине гражданской войны. На первом этапе своей жизни в России Масса пробыл в стране до 1609 года. В своих статьях в 1612 году он писал, что в России мало где был допущен, встречался в основном с простыми людьми, наблюдал за жизнью московитов, выполняя роль торгового агента, встречался с некоторыми дворянами [Сказания Массы..., 1874]. А между тем именно Массе часто приписывают факт вывоза материалов будущей карты России, изданной Герритсом в 1613 году, в Голландию. Упомянутый выше картограф затерялся на просторах России: никаких реальных сведений о нём в литературе не обнаружено.

Действительно, Масса подготовил в 1612 году, будучи уже на родине, две статьи в сборник, изданный всё тем же Герритсом. Обе статьи были посвящены Сибири, а одна из них была снабжена картой. Любопытно, что приведённая Массой карта побережья Западной Сибири, по существу, имела слабое отношение к тем сухопутным путешествиям, переходам по рекам, которые приводятся в статье о самоедах. Получена она была Массой, по его выражению, «от брата моего друга, самого участвовавшего в этих открытиях в Сибири...» [Алексеев, 1941, с. 255]. Эта карта, в частности, содержала именно те географические сведения о Крайнем Севере Московии, которые годом позже нашли своё отражение на карте Годунова, подаренной царю Михаилу Романову. В заглавии статей Масса пишет, что изложенная в них информация является переводом из русских источников, выполненным им в 1609 году, и что все эти знания он получил в результате долгого и весьма настойчивого общения с «московскими придворными», «дьяками» и их знакомыми [Алексеев, 1941, с. 245, 251], то есть в результате деятельности, сильно похожей на шпионскую.

В первой статье рассказывается о походе русских в Сибирь по инициативе купцов Строгановых при содействии Б. Годунова во времена царствования Феодора Иоанновича. Было это, по всей видимости, в 1592 году. Путь проходил по реке Вычегде через Урал к реке Обь. В результате того похода на Оби был в 1595 году основан город Обдорск (ныне Салехард). Содержание второй статьи вытекает из её названия «Краткое описание путей и рек, ведущих из Московии на восток...»; статья снабжена новой картой северного побережья России от острова Вайгач до устья реки Пясины с островом в устье Енисея (рис. 2). Местоположение последнего позволяет идентифицировать его как остров Сибирякова.

В этой статье содержится краткая информация о предпринятом русскими путешествии по устьям рек из Оби в Енисей на специальных лодках, как будто бы успешно закончившемся. Последнее почти невероятно, так как согласно Массе, планировалась эта экспедиция в период ранней весны. По указанию самого Массы устья рек Обь и Енисей «гонят такое количество льда, что этому прямо трудно поверить» [Алексеев, 1941, с. 265]. Происходило это уже во времена царствования Бориса Годунова. Слово Мангазея в этих сочинениях И. Массы не упомянуто ни разу, как, впрочем, и упомянутый Тазовской город, обозначенный на его карте как раз на её месте. В статьях Масса отразил предпринятые царской властью, начиная с 1600 года, ряд миссий в поморский посёлок (зимовье) Мангазею на реке Таз с целью установления на ней российского присутствия и

таможенного поста для пресечения контрабанды. В результате основанный в 1601 году острог, а затем и город Мангазея почти на 70 лет превратился в главную базу ясачных операций на востоке России [Белов и др., 1980].

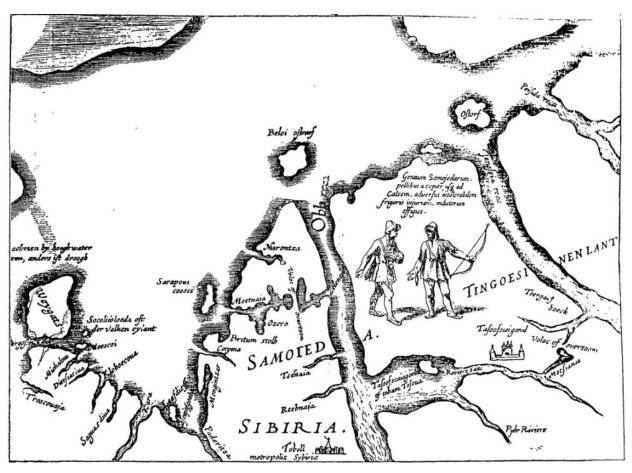


Рис. 2. Карта побережья Западной Сибири И. Массы [Алексеев, 1941, рис. 41] Fig. 2. Map of the coast of Western Siberia by I. Massa [Alekseev, 1941, fig. 41]

Известно, что о существовании поморской Мангазеи московские власти слышали, о контрабанде пушнины через неё знали и место её нахождения представляли, но морского пути туда через Карское море не ведали. К прекращению беспошлинной торговли власти, безусловно, стремились давно [Белов и др., 1980]. К решительным действиям их, очевидно, подвигла настоятельная просьба купцов Строгановых, которые стремились к монополии на торговлю пушниной в Сибири. Конечная задача Строгановых заключалась в получении от царя сибирских земель в вотчину, как ранее они получили в свое владение огромные земли в Пермском крае (Пермь Великая) [Купцов, 2005]. Поэтому весьма вероятно, что они взяли на себя частичное финансирование сибирской экспедиции.

Однако сказанное выше не объясняет появление карты Массы. Если предположить, что описываемый им с чужих слов поход из Оби в Енисей на лодках был успешным, то выполненный участниками похода чертёж был бы совсем иной. Реальная топография Гыданского полуострова с указанной на карте Массы имеет мало общего. Таким образом, карта не имеет непосредственного отношения к маршруту описываемой в статье экспедиции. Масса просто привёл в статье имеющуюся у него карту северного берега России, а главное, морского пути в Мангазею – Мангазейского морского хода. Этот путь, по нашему убеждению, и есть причина появления этой карты (рис. 2). На карте весьма точно выполнены южная часть западного побережья полуострова Ямал до устья реки Мутной (современная Муртыяха), показан остров Шараповы Кошки напротив её устья, даны почти

верные очертания губы Крузенштерна. На карте полуострова детально приведена его гидрографическая сеть — факт, характерный для древнерусских допетровских карт [Гольденберг, Постников, 1990]; верно приведено наличие нескольких крупных озёр в центре полуострова. Иными словами, показан сухопутно-морской путь к Мангазее с волоком на полуострове. Также показан существующий путь из Мангазеи по притокам реки Таз и волокам в реке Енисей, а это уже почти путь в Китай. Масса пишет: «Я придерживаюсь того мнения, что около этой страны (Тунгусов — прим. авт.) начинается граница царства Катайского (Cataia), которое граничит с Хиной» [Алексеев, 1941, с. 265].

По нашему мнению, карты морского пути в Мангазею у московской власти в виде чертежа тогда не было. Это предположение подтверждает ещё одно весьма важное обстоятельство. В «Книге Большому чертежу» (редакция 1627 года) описание смешанного морского, водно-волокового пути через Ямал в Мангазею отсутствует, как отсутствует, собственно, и сам полуостров. Всё описание берега на пути к полуострову заканчивается рекой Карой, тремя безымянными реками за ней и рекой Князьковой. Далее идёт Нярымский берег (берег Байдарацкой губы – *прим. авт.*), от которого «до реки до Оби 130 верст» [Книга..., 1950, с. 161]. На этом основании некоторыми учёными делается вывод, что все эти сведения когда-то были, но затем намеренно удалены из Книги по соображениям секретности и во исполнение указа царя Михаила Феодоровича 1623 года о запрете плавания морским путём в Мангазею [Красникова, 2010, с. 82]. С этим трудно согласиться. Книга Большому Чертежу предназначалась строго для «служебного» использования, то есть была секретной. Вымарывать из неё важный маршрут для освоения Севера было по меньшей мере не дальновидно. Это означало утрату стратегической, по существу, информации и обесценивание значимого результата географических открытий. К тому же карта этой местности к 1613 году уже была опубликована в Голландии Герритсом дважды. Кроме того, русские чертежи допетровского времени выполнялись совсем в другой манере. нежели европейские карты, и не могли содержать отражённую Массой информацию о контурах северного берега Сибири [Гольденберг, Постников, 1990; Булатов, 2011]. Для этого достаточно посмотреть карты С.У. Ремезова из известной «Хорологической чертёжной книги Сибири» (рис. 3). На них, выполненных в период 1697–1711 годов, Обская губа практически полностью отсутствует, выход в Карское море («Море Акиян» на чертеже) неизменно представлен забитым льдом коротким проливом (см. нижнюю часть карты).

На других чертежах Ремезова из вышеприведенного источника, а также из «Чертежной книги Сибири» Море Мангазейское может именоваться «Губа Тазовская» или «Тазовское море», что более верно, но не меняет сути. Суть в том, что на чертежах Ремезова показана местность с позиций речного пути из реки Оби в реку Таз, включающая в себя южный участок Обской и Тазовскую губы. О проходе на север по Обской губе на тот момент достоверная информация в русских источниках отсутствовала. Однако не обозначенный остров, напоминающий очертанием остров Белый, на данном чертеже есть. Значит, о нём слыхали.

Нельзя не отметить, что сочинение Массы о самоедах (первая статья) – это «рыхлый», пространный текст, основанный на слухах и чьих-то воспоминаниях. Однако название статьи заслуживает внимания: «Описание страны самоедов в Тартарии, недавно приобщённой к русскому государству...». Не хотим цитировать этот достаточно известный документ. Здесь важно другое – его геополитический смысл. В статье, изданной голландцем в Голландии в 1612 году, прямо говорится о «приобщении» земли самоедов к России. Это первое. Второе, в статье указывается на общее желание самоедов служить русскому царю и платить дань [Алексеев, 1941, с. 262].

Обе рассматриваемые нами статьи Массы о покорении Сибири – причудливая смесь верной и надуманной информации, новых фактов и старых заблуждений. Тем не менее, там есть примечательные фразы, например, про «Вайгачский пролив», забитый «огромными ледяными горами, так как реки Обь и Енисей гонят такое количество льда, что этому прямо

трудно поверить» [Алексеев, 1941, с. 265]. Далее «... без сомнения, очень жаль, что голландцам не удалось пройти пролив Вайгач, но, конечно, они не знают, как приступить к этому, потому что если они даже сто раз будут пытаться пройти его на кораблях, им это не удастся... По примеру русских, с которыми им следует подружиться, они легко отыщут проводников на суше и на море. Таким образом, в конце концов все эти берега будут тщательно исследованы» [Алексеев, 1941, с. 268]. Здесь же приводиться карта северного побережья России (рис. 2). Напрашивается вывод — статьи Массы не самоцель. Это субстрат, в который включена ключевая политическая информация, своего рода коды. И карта-чертёж — тоже код. Главный посыл: Россия владеет землёй самоедов, побережьем Северного океана и далее на восток; Строгановы имеют непосредственное отношение к этим землям. Про Строгановых — это своего рода контактная информация. В Московии в это время разгар Смуты, центральная власть мало что может, её будущее под вопросом.

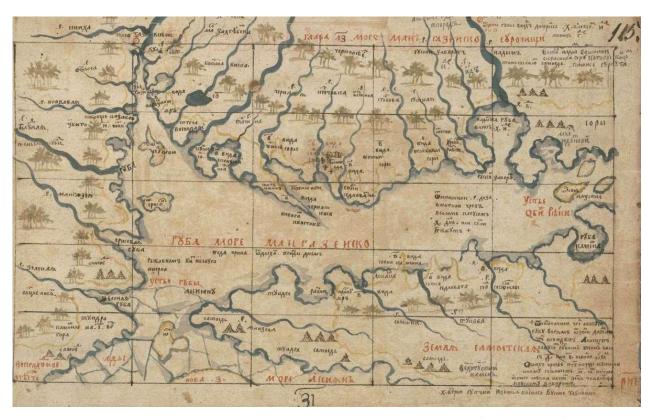


Рис. 3. Чертёж Ремезова «Море Мангазейско с урочищи» (север внизу) (http://maps.southklad.ru/forum/viewtopic.php?p=148#p148) Fig. 3. Remezov's drawing "More Mangazejsko s urochishhi" (Mangazeysko Sea with tracts; North below) (http://maps.southklad.ru/forum/viewtopic.php?p=148#p148)

В принципе известно, у кого в те времена могла быть реальная карта северного побережья России — у поморов Архангельского Севера. Их с давних пор привлекали в Арктике разнообразные богатые промыслы. Они добывали моржовые клыки, песцовые, медвежьи, моржовые, тюленьи шкуры и гагачий пух. Влекло их не только к Шпицбергену и Новой Земле; ходили они на своих кочевых карбасах и в Карское море. Еще в начале XVI века, а может и раньше, проникли морским путём в Тазовскую губу для покупки у туземцев ценных мехов и мамонтового бивня [Платонов, 1924]. Поморы для морских походов составляли свои поморские лоции, были у них и свои карты [Гемп, 1980].

Масса неоднократно бывал в Архангельске и, вероятно, в Холмогорах. Туда он прибыл в 1601 году, из него возвращался на родину в 1609 году, был и по торговым

надобностям [Платонов, 1995, с. 11, 14]. В Московии ему нужны были деньги и работа. Хотя бы для того, чтобы не вызвать подозрений: время было смутное — в каждом иностранце видели шпиона. Мы уже упоминали, что есть мнение, будто бы Масса был шпионом и выведывал в Москве всякие тайны у приказных дьяков и царедворцев. Откуда же у молодого бедного иностранца Массы появились деньги на общение и подкуп царедворцев и дьяков? Для того, чтобы что-то выслушивать и выспрашивать, надо было сперва научиться языку. Как происходила эта эволюция Массы в человека, как говорят, «приятного во всех отношениях», история и исследователи умалчивают. Во все его рассказы о себе, о выведывании им у русских людей данных, которые «могли стоить им жизни» [Сказания Массы..., 1874, с. 188], принято верить. Но важнее другое: Масса уехал из Москвы в 1609 году 23-летним молодым человеком из семьи, по его выражению, «всё потерявшей ради религии» [там же, с. 6], а вернулся в 1613 году послом Нидерландов.

Работу молодой Масса мог найти у Строгановых, а заодно и обучиться у них торговле пушниной, «камкой и атласом» [там же, с. 188]. Почему именно Строгановы? Судя по итогам деятельности Массы в России, у него были сильные, богатые покровители, плохо ладившие с Борисом Годуновым, но отлично — с последующими царями, имеющие значительные интересы на северо-востоке тогдашней России, заинтересованные в торговле с Голландией и так далее. Под эти признаки хорошо попадают именно Строгановы [Купцов, 2005]. Вокруг них «вращается» вышеупомянутая первая статья Массы о России. Кстати, широко торговали они именно сукном, камкой и тафтой [там же, с. 27, 39, 190].

Вплоть до XVIII века существовали три северных пути в Сибирь — Югорский, Собский и морской [Платонов, 1924]. Как мы уже говорили, морской путь в Мангазею проложили поморы. Он шёл вдоль южного побережья Баренцева и Карского морей, через Ямал, по Обской губе и реке Таз. В центральной части Ямала существовал волок. По обе стороны волок путь проходил по рекам (Мутная) и Сёяха (Зелёная), связанным между собой системой озёр [Житков, 1913]. Поморы, ходившие в Мангазею, могли иметь достаточно точный чертёж этого пути, хорошо представляя географию полуострова Ямал и северной части Обской губы. Кстати, весьма вероятно участие и ямальских самоедов (ненцев) в формировании у поморов более точных представлений о географии полуострова [там же].

В 1601 году у поморов, торгующих с Мангазеей, возник конфликт с царём Борисом Годуновым. Царь фактических обманул их: сначала предоставил льготные условия торговли с факторией и в тоже время другим указом их отобрал. Приехавшие в очередной раз в Мангазею поморы обнаружили там представителей власти с указаниями свободную торговлю поморов запретить [Белов и др., 1980]. Выражаясь современным языком, мангазейский «офшор» ликвидировали. Морской путь в Мангазею стал неактуальным. Власти наладили торговлю с Мангазеей через Урал по нижней Оби. Строгановы в торговом споре одолели поморов. С этого момента поморы могли продать свои чертежи и сведения любому, кто мог дать за них хорошую цену.

Мы предприняли попытку восстановить картину участия Массы в событиях, связанных с появлением новых карт России в начале XVII века, и ниже предлагаем нашу версию. Масса едет из Нидерландов в Москву в период гражданской войны. В результате её к началу века цеховое производство сукна в Нидерландах — семейный бизнес его отца — приходит в упадок [Чистозвонов, 1958, с. 11]. В поисках работы он, вероятно, поступает на службу к Строгановым. У купцов Масса узнаёт о царских экспедициях в Мангазею и установлении там таможенного поста. Строгановы были кровно заинтересованы в прекращении поморской торговли по морскому пути в пользу своей сухопутно-речной через Урал. Ранее основатели рода Строгановых Аникей и Яков пытались завербовать в Голландии опытных моряков для похода в Мангазею и даже заказали два корабля у шведского судостроителя. Об этом свидетельствует письмо Герарда Меркатора неизвестным, написанное в 1581 году [Витсен, 2010, W 933]. Однако своими силами Строгановы морской путь в Мангазею не освоили.

Закрытие Мангазеи для свободной торговли поморов не решало всех проблем Строгановых. Землю в Сибири они не получили, а поморы продолжали торговать с самоедами. Зная, что здоровье у Бориса Годунова неважное, они делают ставку на будущего царя. Если карты Ямала с волоками в устье Оби у государства нет, так почему бы её не сделать. Строгановы начинают действовать через Массу. Вероятно, он выведывает у поморов, используя деньги купцов, необходимую информацию. Неудивительно, что некоторые названия объектов на созданных им картах совпадают с Книгой Большому чертежу. Последняя тоже составлялась с участием поморов. Карта дополняется сведениями о Сибири, полученными при участии людей Строгановых в походах через Обдорск в Мангазею (Тазовской город). Возникает карта ожидаемых будущих владений Строгановых на Севере вплоть до реки Пясина. Купцы задумывают многоходовую комбинацию. Вероятно, для этого они используют царевича Фёдора. Связи при дворе у них обширные. Строгановы получают в Кремле на своих картах подпись царевича: он рисует карту, а заодно и ставит автограф на будущих «территориальных притязаниях» Строгановых. Купцы почти наверняка действуют через дядьку Фёдора И. Чемоданова [Русский..., 1905, с. 142]. Они надеются, что будущий царь передаст им эти земли за заслуги по их освоению. Вскоре умирает царь Борис. Однако план Строгановых рушится: царевича убивают в 1605 году, а к власти приходит Лжедмитрий І. Смутное время вступает в свою активную фазу. В судьбе Московии все большую роль начинает играть Европа. Сам факт существования Российской государственности под угрозой. Теперь взоры Строгановых обращены на Запад. Возможно, им кажется, что судьба их владений будет решаться там.

В 1908-1609 годах многие иностранные купцы, включая Массу, и «все лучшие люди московские» находились в Вологде [Платонов, 1995, с. 254]. Сюда же из осаждённой Москвы была перевезена государственная казна и, вероятно, государственный архив. Будущий воевода Перми И. Чемоданов тоже мог быть в Вологде в это время [Русский..., 1905, с. 142]. При нём оказывается новая карта России. Здесь в Перми патриоты задумываются о будущей судьбе России, возможно, уже без Москвы. Вероятно, именно И. Чемоданов через Строгановых передаёт карту Массе для опубликования в Голландии. Карта России именно в это время дополняется той самой картой побережья Северного Ледовитого океана. Строгановы решаются переправить карту на Запад для опубликования. Когда ситуация в России 1609 году окончательно осложняется, а в Нидерландах, наоборот, налаживается, Масса уезжает из Вологды в Архангельск. Оттуда он увозит в Голландию карту северного побережья и новую карту России с детальным изображением Сухоно-Двинского торгового пути – это дорога во владения Строгановых. Попав в Голландию, Масса, вероятно на деньги Строгановых, организовывает печать первой карты в Голландии уже в том же 1609 году [Алексеев, 1941, с. 255]. Потом в 1612 году он публикует эту карту, несколько исправленную, в статьях о Сибири, где упоминает об «Аниковичах» и настойчиво отговаривает известного мореплавателя Ле-Мэра<sup>2</sup>, а заодно и других шкиперов, от бесполезного поиска прохода в Карское море [там же, с. 245]. Это в интересах Строгановых и России. Кстати, если бы на карте из статьи Массы русские власти увидели бы сходство с путевыми чертежами Большого чертежа (если бы таковые были), мог бы разразиться дипломатический скандал, и путь Массе в Россию был бы заказан. Но всё происходит иначе. В 1606-1610 годах Строгановы оказывают большие услуги Василию Шуйскому. Их старания достигают результата. Отныне они «именитые люди». От царя Годунова подобной благосклонности не было [Купцов, 2005]. Строгановы в вопросе престолонаследия занимали сторону В. Шуйского, а затем Михаила Романова. В своём труде по истории московской смуты Масса много и хорошо отзывается о Романовых: «нет

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 9 апреля заключается перемирие, фактически означающее установление независимости от Испании [Чистозвонов, 1958, с. 168]

 $<sup>^2</sup>$  Ле-Мэр настойчиво звал Массу в своё плавание к Карскому морю в 1608 году, но тот категорически отказался

никого ближе их к престолу» и другие высказывания [Сказания Массы..., 1874, с. 50–51] и это, безусловно, не случайно. Это очередной вклад Массы в признание новой России в лице новой династии в Европе, и это на руку Строгановым.

В 1613 году в России опять меняется власть, на этот раз окончательно. Европейский вектор развития России отходит на второй план. Пришло время следующего хода Строгановых. Генеральную карту нужно опубликовать и доставить в Россию. Карта России печатается Герритсом в Амстердаме. Её везёт в страну мало кому известный в русских официальных кругах посол Масса в качестве знакового подарка Михаилу Романову к началу царствования. На карте, при всех её недостатках, тщательно изображён Сухоно-Двинский путь из Белого моря к Сольвычегодску, Великому Устюгу и Вологде, а также новый полуостров в Карском море (Земля Самоедов – Ямал) с указанием сухопутноводного пути через него. Автограф царевича Ф. Годунова призван демонстрировать преемственность и законность новой власти. В названии карты перечислены все многочисленные «территориальные» титулы русского царя, в том числе и «царь Сибирский», и «великий князь югорский, пермский...». Лучше подарка не придумаешь. Это прямое приглашение к торговле с Голландией. Опубликованная в Амстердаме «карта Годунова» получает широкую известность в Европе. Здесь необходимо помнить, что географическая карта – важная составляющая и носитель суверенитета любого государства, особенно в те далёкие времена.

#### ВЫВОДЫ

Картографические изыскания И. Массы в будущем не получили безусловной поддержки в самой Голландии, хотя и были позже использованы в известных атласах Меркатора-Хондиуса, Янсониуса и Блау [Schilder, 1984]. Однако в 1664 году ван Лооном (van Loon) был издан атлас Новой Земли и прилегающих территорий. Кроме правильных очертаний Новой Земли, карта в целом весьма архаичная и тенденциозная: Карское море названо Тартарским, вместо полуострова Ямал – ровный участок берега, поименованный «Новой Голландией», вместо Гыданского полуострова – тоже ровный участок, обозначенный как «Новая Западная Фризия». Такое вот географическое невежество или картографическая экспансия.

Таким образом, И. Масса был в большей степени представителем российских интересов в Голландии, а не голландским агентом в Московии. Ему принадлежит особая роль в признании части побережья Северного Ледовитого океана, тогдашней Сибири, российскими территориями. В целом это противоречило торговым интересам Голландии, искавшей свой короткий морской путь в Азию, но толкало её к поиску компромиссов и открывало новые возможности для продвижения российско-голландских торговых и политических интересов в Европе, разумеется, при непосредственном участии И. Массы [Кордт, 1902].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алексеев М.П. Сибирь в известиях западно-европейских путешественников и писателей: введение, тексты и комментарий. XIII–XVII в. Иркутск: ОГИЗ: Иркутское областное издательство, 1941. 683 с.
- 2. Белов М.И., Овсянников О.В., Старков В.Ф. Мангазея, мангазейский морской ход. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. Ч. І. 166 с.
- 3. *Булатов В.Э.* «Хорографическая чертёжная книга Сибири» С.У. Ремезова. Хорографическая чертёжная книга Сибири Семена Ульяновича Ремезова. Тобольск: Обществ. благотворит. фонд «Возрождение Тобольска», 2011. 692 с.
- 4. Витсен Н. Северная и Восточная Тартария, включающая области, расположенные в северной и восточной частях Европы и Азии. Амстердам, 2010. Электронный сборник, CD-ROM.

- 5. *Гемп К.П.* Выдающийся памятник истории поморского мореплавания XVIII столетия. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1980. 80 с.
- 6. Гольденберг Л.А., Постников А.В. Петровские геодезисты и первый печатный план Москвы. М.: Недра, 1990. 160 с.
- 7. Житков Б.М. Полуостров Ямал. СПб: Тип. М.М. Стасюлевича, 1913. 400 с.
- 8. Книга Большому чертежу (с Приложениями). Ред. К.Н. Сербина. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 228 с.
- 9. *Кордт В.А.* Очерк сношений Московского государства с республикою Соединённых Нидерландов до 1631 года. Сборник Императорского Русского Исторического Общества. СПб., 1867–1916. 148 т. Т. 116. СПб., 1902. XII, СССХLVII. 243 с.
- 10. *Красникова О.А.* Карта северного берега России 1612 г. Исаака Массы и Книга Большому Чертежу Московского государства. Наука из первых рук, 2010. Т. 31. № 1. С. 74—85.
- 11. *Купцов И.В.* Род Строгановых. Челябинск: Творческое объединение «Каменный пояс», 2005. 224 с.
- 12. Платонов  $C.\Phi$ . Прошлое Русского Севера. Очерки по истории колонизации Поморья. Берлин: Обелиск, 1924. 107 с.
- 13. Платонов  $C.\Phi$ . Очерки по истории Смуты в Московском государстве в XVI–XVII вв. Опыт изучения общественной мысли и сословных отношений в Смутное время. М.: Памятники исторической мысли, 1995. 469 с.
- 14. Русский биографический словарь. СПб., 1896—1918. 25 т. Т. 22. СПб.: Тип. И.Н. Скороходова, 1905. 644 с.
- 15. *Рыбаков Б.А.* Русские карты Московии XV–XVI вв. Наука и человечество. 1975. М.: Знание, 1974. С. 72–85.
- 16. Сказания Массы и Геркмана о Смутном времени в России. СПб.: Тип. Замысловскаго, 1874. 371 с.
- 17. *Чистозвонов А.Н.* Нидерландская буржуазная революция XVI века. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 190 с.
- 18. *Январёва Л.Ф*. Тематические карты XVII–XIX вв. Известия РАН. Сер. Географическая, 2012. № 2. С. 104–113. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-2-104-113.
- 19. *Schilder G.* Development and achievements of Dutch Northern and Arctic cartography in the Sixteenth and Seventeenth Centuries. Arctic, 1984. V. 37. No 4. P. 493–514.

#### REFERENCES

- 1. *Alekseev M.P.* Siberia in the news of the travelers and writers from the Western Europe: introduction, texts and commentary. The XIII–XVII c. Irkutsk: Association of State Publishing Houses: Irkutsk Region Publishing, 1941. 683 p. (in Russian).
- 2. *Belov M.I.*, *Ovsyannikov O.V.*, *Starkov V.F.* Mangazeya, Mangazeya's sea passage. Leningrad: Gidrometeoizdat (Hydrometeorological Publishing House), 1980. Part 1. 166 p. (in Russian).
- 3. Book of the Big Drawing. Ed. by K.N. Serbina. Moscow-Leningrad: AS USSR Publ., 1950. 228 p. (in Russian).
- 4. *Bulatov V.E.* Remezov's "Cartographical sketch-book of Siberia". Tobolsk: Public charity fund "Revival of Tobolsk", 2011. 692 p. (in Russian).
- 5. *Chistozvonov A.N.* The Netherlands bourgeois revolution of the XVI century. Moscow: AS USSR Publ., 1958. 190 p. (in Russian).
- 6. *Gemp K.P.* An outstanding record of the history of the Pomor navigation of the XVIII century. Leningrad: Science, Leningrad branch, 1980. 80 p. (in Russian).
- 7. Goldenberg L.A., Postnikov A.V. Peter's surveyors and the first printed plan of Moscow. Moscow: Bosom, 1990. 160 p. (in Russian).
- 8. Kordt V.A. A story about the relationship between the Moscow State and the Republic of the United Netherlands till 1631. Collection of the Imperial Russian Historical Society. Saint

- Petersburg, 1867–1916. 148 v. V. 116. Saint Petersburg, 1902. XII, CCCXLVII. 243 p. (in Russian).
- 9. *Krasnikova O.A.* The map of the northern shore of Russia in 1612 by Isaac Massa and the Book of the Great Drawing of the Moscow State. First-hand science, 2010. V. 31. No 1. P. 74–85 (in Russian).
- 10. *Kuptsov I.V.* The family of Stroganovs. Chelyabinsk: Creative association "Stone Belt", 2005. 224 p. (in Russian).
- 11. *Platonov S.F.* The past of the Russian North. Essays on the history of the colonization of the Pomorie. Berlin: Obelisk Publ., 1924. 107 p. (in Russian).
- 12. *Platonov S.F.* Essays on the history of the Troubles in the Moscow State in the XVI–XVII centuries. The experience of studying social thought and class relations in Troubled Time. Moscow: Monuments of historical thought, 1995. 469 p. (in Russian).
- 13. Russian Biographical Dictionary. Saint Petersburg, 1896–1918. 25 v. V. 22. Saint Petersburg: Typography of I.N. Skorohodov, 1905. 644 p. (in Russian).
- 14. *Rybakov B.A.* Russian maps of Muscovy XV–XVI c. Science and Humanity, 1975. Moscow: Knowledge Publ., 1974. P. 72–85 (in Russian).
- 15. Schilder G. Development and achievements of Dutch Northern and Arctic cartography in the Sixteenth and Seventeenth centuries. Arctic, 1984. V. 37. No 4. P. 493–514.
- 16. Tales of Mass and Hercmann on the Time of Troubles in Russia. Saint Petersburg: Typography of Zamyslovsky, 1874. 371 p. (in Russian).
- 17. *Vitsen N*. The Northern and Eastern Tartaria, including the areas located in the northern and eastern parts of Europe and Asia. Amsterdam, 2010. Electronic collection, CD-ROM (in Russian). 18. *Yanvaryova L.F.* Thematic maps of the XVII–XIX centuries. News of the RAS. Geographic Series, 2012. No 2. P. 104–113. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-2-104-113 (in Russian).
- 19. *Zhitkov B.M.* The Yamal Peninsula. St Petersburg: Typography of M.M. Stasyulevich, 1913. 400 p. (in Russian).

УДК: 004.069 (091) DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-383-389

М.В. Рыгалова<sup>1</sup>, Е.В. Рыгалов<sup>2</sup>

#### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИЗУЧЕНИИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ МУЗЕЕВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

#### **АННОТАЦИЯ**

В статье рассматривается актуальная тема, связанная с исследованием проблематики в области историко-культурного наследия с применением геоинформационных технологий. В связи с ростом интереса со стороны профессиональных сообществ и туристических потоков к музейным учреждениям, их истории, наследию, которое они сохраняют, возникает необходимость представления информации о нём в компактной форме с отражением основного содержания, а также предоставления свободного доступа к подобному ресурсу. Исследование носит междисциплинарный характер в силу методов и технологий, прежде всего геоинформационных систем (ГИС), которые вносят значительные перспективы в изучение гуманитарной сферы. Зарубежный опыт применения ГИС в изучении музейного наследия демонстрирует высокий интерес научного сообщества к этой проблеме. Многие проекты выполнены на высоком профессиональном уровне при сотрудничестве музейных сотрудников, историков и специалистов в области информационных технологий. Это позволяет получать качественные продукты, удобные для использования. В России имеется опыт изучения историко-культурного наследия с применением ГИС, но разработки музейных ГИС носят единичный характер. Постоянная трансформация музейной сети России в целом и отдельных регионов требует сбора комплексной информации и её систематизации для последующего представления в качестве возможной базы для изучения самих музеев, историко-культурного наследия, которое они хранят, для обмена опытом музейных сотрудников, а также для туристов. Создание ГИС «Музейная сеть Алтайского края» предоставляет такие возможности. Её разработка осуществляется на основе широкого круга источников, с включением в базу данных в том числе музеев образовательных учреждений, ведомственных музеев, информацию о которых получить достаточно непросто. ГИС позволит с помощью методов визуализации воссоздать хронологию возникновения музеев, формирование их профильных групп, оценить источниковедческий потенциал музейных собраний на уровне экспозиций, а также разработать туристические маршруты.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** геоинформационные технологии, база данных, музейная сеть, музей, Алтайский край

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Алтайский государственный институт культуры, ул. Юрина, 277, 656055, г. Барнаул, Россия, *e-mail:* mariya rygaloya@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Алтайский государственный университет, пр. Ленина, 61, 656049, г. Барнаул, Россия, *e-mail:* **rugalov@mail.ru** 

Mariya V. Rygalova<sup>1</sup>, Evgenyi V. Rygalov<sup>2</sup>

# GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF HISTORICAL AND CULTURAL HERITAGE OF THE MUSEUMS OF THE ALTAI TERRITORY

#### **ABSTRACT**

The article deals with an actual topic related to the research of problems in the field of historical and cultural heritage with the use of geoinformation technologies. In connection with the growing interest on the part of professional communities and tourist traffics to museum institutions, their history, the legacy that they preserve, it becomes necessary to present information about it in a compact format, reflecting the main content, and provide free access to such resource. The research is interdisciplinary in nature due to methods and technologies, first of all geoinformation systems (GIS) which bring significant prospects in the research of the humanitarian sphere. Foreign experience of applying GIS in studying the museum heritage demonstrates the high interest of the scientific community to this problem. Many projects are carried out at a high professional level with cooperation of museum staff, historians and specialists in the field of information technology. This allowed us to obtain a quality product that is convenient for use. In Russia there is an experience of learning the historical and cultural heritage with the use of GIS, but the development of museum GIS is isolated. Permanent transformation of the museum network in Russia and in regions requires the collection of complex information and its systematization for the subsequent presentation as a possible basis for studying the museums themselves, the historical and cultural heritage that they save, for the exchange of experience of museum employees, and for tourists. Creation of GIS "Museum network of the Altai Territory" provides such opportunities. Its development is carried out on the basis of a wide range of sources, with including on the database, with including museums of educational institutions, departmental museums, information about which is difficult to obtain. GIS will allow to recreate the chronology of the creation of museums by using the visualization methods, the formation of their profile groups, to assess the source material potential of museum collections at the level of expositions, and to develop tourist routes.

**KEYWORDS:** geoinformation technologies, database, museum network, museum, Altai territory

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Современное общество переживает этап развития, ознаменованный значительным влиянием информационных технологий и формированием единого информационного пространства, позволяющего обеспечивать неограниченный доступ к информационным ресурсам, реализовывать потребности пользователей в информации.

Одним из актуальных исследовательских инструментов становятся информационные технологии, распространившие влияние и прочно занявшие свою нишу в гуманитарных исследованиях. Это относится и к проблеме историко-культурного наследия, столь актуальной на сегодняшний день. Одним из инструментов исследования историко-культурного наследия являются геоинформационные системы. Они сочетают в себе функции, позволяющие раскрыть потенциальную проблематику в этом вопросе.

Применению информационных технологий и ГИС, в частности в деле изучения историко-культурного наследия, посвящено множество исследовательских работ. Эта тема становится тем более актуальной, что сохранение и популяризация историко-культурного наследия находится на пике своего развития. Несмотря на интеграцию различных сфер и

<sup>1</sup>Altai State Institute of Culture, Yorina st., 277, 656055, Barnaul, Russia, e-mail: mariya\_rygalova@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Altai State University, Lenina st., 61, 656049 Barnaul, Russia, e-mail: rugalov@mail.ru

глобализацию процессов развития, наблюдается тенденция сохранения самобытности, обращения к истокам, традициям и культуре своего народа, региона, его популяризация среди местного населения и, конечно, для притяжения туристических потоков. И музеи, как главные хранители историко-культурного наследия, обладая ресурсным потенциалом, способны отвечать на запросы общества. Исходя из этих фактов, создание ГИС-проекта, отражающего музейное наследие как широкую научно-исследовательскую базу, видится весьма перспективным.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу исследования положены теоретические и практические изыскания в области использования информационных технологий в изучении историко-культурного наследия музеев, а также информация, непосредственно затрагивающая работу самих музеев (официальные сайты, научные статьи, официальная статистическая информация музеев). Исследование носит междисциплинарный характер. Это находит отражение в выборе методов и технологий (технологии баз данных, геоинформационные технологии). Работа основана на использовании системного подхода, что отражается в формировании комплексных, целостных результатов (создание ГИС). В качестве методов исследования выбраны методы описания, анализа, синтеза.

Зарубежный и отечественный опыт в сфере использования информационных технологий при изучении историко-культурного наследия демонстрирует тенденцию, связанную с обращением музеев к новейшим технологиям в самых разных направлениях своей деятельности (обеспечение внутренней работы и направлений взаимодействия с посетителями). Из всего многообразия технологий особо стоит отметить применение геоинформационных систем, которые являются универсальным инструментом управления и представления данных, в том числе ориентированы на размещение информации в сети Интернет. ГИС-приложения обладают инструментарием для представления изображений с их атрибутивными характеристиками онлайн. Наиболее распространённым способом представления географической информации в отечественной и зарубежной научно-исследовательской практике являются интерактивные карты [Касьянова, 2008].

Одним из первых зарубежных проектов в области установления взаимодействия информационных технологий и культурного наследия является проект по созданию Electronic Cultural Atlas Initiative (ECAI), реализующийся с 1998 года. Портал данных ECAI является открытой площадкой для размещения атласов, отражающих историко-культурное наследие в целях содействия международному обмену в гуманитарной сфере с использованием цифровой среды для обмена данными с акцентом на пространственновременную привязку [Lancaster, Bodenhamer, 2002]. Сообщество ECAI регулярно проводит конференции, семинары и симпозиумы, направленные на обсуждение тем по внедрению информационных технологий в социогуманитарное знание, а также содействует международному сотрудничеству в этом направлении. Проект рассматривает историко-культурное наследие в целом, музейное в меньшей степени.

Проект, непосредственно охватывающий музейную среду, посвящённый популяризации экспонатов европейских музеев (Mapping The Most Popular Exhibits In Museums Across Europe), ориентирован на создание онлайн-ГИС, которая отражает самые посещаемые музеи Европы, с указанием дополнительной информации о них, позволяющей посетителям ориентироваться в графике работы и основных коллекциях музеев. Проект рассчитан на туристов, и этим объясняется простота интерфейса и функциональные возможности ГИС (https://www.giscloud.com/blog/mapping-the-most-popular-exhibits-in-museums-across-europe/).

При изучении и популяризации некоторых коллекций Нью-Йоркского государственного музея (New York State Museum) используется инструментарий ГИС,

позволяющий осуществлять открытый доступ к коллекциям музея прямо на его сайте (http://www.nysm.nysed.gov/research-collections/geology/gis).

В музее Шрусбери (Великобритания) создана ГИС памятников археологии, цифровых моделей исторических ландшафтов. Её основу составила база данных музейных предметов из коллекций археологии, геологии, этнографии, искусства (http://www.peterboyd.com/AGI99.htm).

При совместной работе научных учреждений, органов власти и координации Совета по наследию была создана ГИС по археологии Дублина, включающая информацию по культурному и природному наследию Ирландии (http://www.heritagemaps.ie).

Зарубежный опыт применения ГИС в изучении историко-культурного наследия музеев не исчерпывается приведёнными работами. Они лишь позволяют выявить тенденции, наметившиеся в этом направлении. При изучении и популяризации культурного наследия, музеи используют ГИС-технологии, с помощью которых осуществляется реконструкция местности, изучение экспонатов, места их расположения.

Отечественный же опыт применения ГИС в изучении историко-культурного наследия не столь значителен, работы по соединению непосредственно музейной проблематики и ГИС единичны. Здесь необходимо выделить региональные проекты, представленные интерактивными картами в сети Интернет. Одним из крупнейших реализованных проектов, объединивших музейную сеть региона, является проект «Музеи Югры», реализованный в 2011–2013 годах в Ханты-Мансийском Автономном округе. Он представляет собой интерактивную карту, на которой представлено музейное пространство региона (государственные, муниципальные, ведомственные, школьные музеи) (http://hmao-museums.ru). Другой подобный проект был реализован в Екатеринбурге в 2013 году в виде интерактивного атласа музеев Свердловской области, который размещён в сети Интернет и доступен любому пользователю с инструментарием, позволяющим производить выборку объектов, просматривать информацию о музеях (контактные данные), совершать 3D туры (http://museums-atlas.cityscanner.ru).

Оба проекта были реализованы при поддержке региональных органов власти, с участием музейных сотрудников, но без привлечения научного сообщества. В этой связи полностью отсутствует аналитическая сторона проекта (научно-исследовательские статьи, научный анализ и прочее)

Другие региональные проекты посвящены созданию ГИС по отдельным историкокультурным памятникам, их группам. Примерами являются работы по Пермскому краю [Корниенко и др., 2015], городу Барнаулу (Алтайский край) [Рыгалов, 2014], части территории Бурятии [Гагин, 2012].

Крупный межрегиональный проект представлен интерактивной картой музеев ИКОМ (Международного Совета музеев) России. На неё нанесены музеи, входящие в состав ИКОМ, с их краткой характеристикой (контактные данные, фотографии общего вида). Представленный в свободном доступе инструментарий позволяет производить выборку объектов по ряду критериев (субъекту РФ, названию музея или адресу) (http://icomrussia.com/data/ikom-v-rossii/muzeynaya-karta-ikom-rossii/).

Несмотря на небольшой опыт реализации музейных ГИС, отечественные исследователи, вслед за зарубежными коллегами, подчеркивают важность и закономерность привлечения ГИС-инструментария в музейную среду, поскольку практически все музейные объекты имеют географическую привязку (http://ogis.sgu.ru/ogis/gis\_otd/publ84.htm).

Опыт анализа и теоретического обобщения ГИС-проектов, посвящённых музейному наследию, показывает различные подходы к систематизации информации, а также к её визуализации. Изучив опыт и выявив основные проблемы данного направления, была разработана концепция ГИС «Музейная сеть Алтайского края».

Алтайский край является одним из крупнейших регионов России. На его территории наблюдается положительная динамика, связанная с ростом числа музеев, многообразием их профилей, но, несмотря на это, отмечается информационный голод, связанный с комплексным представлением сведений о музейной сети региона.

Проект ГИС «Музейная сеть Алтайского края» предусматривает разработку на базе MapInfo Professional геоинформационной системы, отражающей весь комплекс музеев региона (государственных, муниципальных, частных, ведомственных, музеев образовательных учреждений), то есть создание тематического ресурса, возможности которого позволят собрать воедино разрозненную информацию. Кроме того, предусматривается открытый доступ к ресурсу, интерактивные возможности которого позволят использовать его в самых разных направлениях (профессиональной деятельности, в сфере туризма, научно-исследовательской деятельности).

#### Этапы разработки геоинформационной системы

#### 1. Сбор сведений о музеях региона

На этом этапе подверглись изучению и обработке научная литература, музейная документация, веб-сайты музеев. Кроме информации непосредственно о самом музее, вёлся сбор данных о коллекциях, отдельных экспонатах.

#### 2. Анализ сведений и выработка единого унифицированного описания музеев

На основе анализа опыта ГИС российских и зарубежных разработчиков была предпринята попытка разработки оптимальной структуры ГИС «Музейная сеть Алтайского края».

#### 3. Разработка классификатора музеев

На этом этапе велась работа по профилизации и классификации музеев с целью последующего включения в соответствующие разделы ГИС. В частности, на основе теоретических изысканий в области музеологии выделены имеющиеся на территории Алтайского края группы музеев: государственные, муниципальные, ведомственные (корпоративные), частные, музеи образовательных учреждений, мемориальные. Внутри каждой группы выделены профилирующие подгруппы (например, художественные, исторические, краеведческие, этнографические, военно-патриотические и другие).

#### 4. Проектирование базы данных

Поля базы данных определялись исходя из целей и задач создания информационного ресурса (быстрый и удобный поиск, доступный для широкого круга пользователей, удовлетворяющий запросы различных категорий пользователей). Проектирование базы данных осуществлялось с учётом специфики информации (преимущественно текстовая с последующей возможностью дополнения её иллюстративным материалом). Предпочтение было отдано принципам краткости, лаконичности представления данных для удобочитаемости и исключения избыточной информации. Результатом проектирования стало выделение следующих полей: NAME (наименование музея), PROFILE (профиль), CONTACTS (контактная информация), DIRECTOR (руководитель), EXPOSITIONS (экспозиции), UNIQUE EXHIBITS (уникальные экспонаты), HISTORICAL INFORMATION (историческая справка), COMMENTS (примечания).

#### 5. Подготовка картографической основы

В качестве базовой карты для ГИС использована административная карта, содержащая сеть административных районов и поселений Алтайского края.

#### 6. Создание ГИС «Музейная сеть Алтайского края»

Предполагается создание общедоступного информативного ресурса на базе web-ГИС технологий, отражающего пространственное размещение и наиболее значимые характеристики тематических коллекций музеев Алтайского края.

В настоящее время на основе успешной реализации первых этапов подготовки ГИС ведётся работа по наполняемости базы данных ГИС атрибутивной информацией, а также локализация объектов (музеев) на карте региона. Предположительное число всех объектов,

которые необходимо нанести на карту, составляет 360–380 музеев Алтайского края. Это число может варьироваться в процессе работы в связи с нестабильностью функционирования некоторых групп музеев (частные, школьные), а также появлением новых объектов.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Визуальное представление в пространстве музейных коллекций позволит осуществлять дальнейшие исследования на базе созданной ГИС, в частности, воссоздать хронологию создания музеев, формирование их профильных групп. Возможности визуализации позволят составлять туристические маршруты с учётом месторасположения музеев, организовывать тематические экскурсии, включая в них музеи, имеющие богатые коллекции.

Возможности, заложенные в ГИС, позволяют проводить анализ информации, содержащейся в базе данных, проводить классификацию или типологизацию музеев. Кроме того, комплексный ресурс обладает богатыми возможностями для профессионального сообщества музейных специалистов, которые смогут получать информацию о сети музеев. Представители научного сообщества, опираясь на представленную в ГИС информацию, также смогут работать с ней в направлении изучения конкретных музеев, групп, а также анализировать конкретные коллекции, в том числе комплексы коллекций разных музеев, тем самым раскрывая их источниковедческий потенциал в рамках исследований. Территориально разобщённые между собой музеи смогут контактировать профессиональной деятельности. ГИС позволит произвести первичную оценку источниковедческого потенциала музейных коллекций и сформировать исследователей к определённой теме для более глубокого её изучения уже непосредственно с опорой на музейные предметы. Кроме того, ГИС предполагается как открытый для внесения дополнений и изменений ресурс. Эта функция необходима в случае трансформации музейной сети или при появлении новой информации о существующих музеях.

Таким образом, подобный ресурс может стать очень полезной базой для исследований в области музеологии, источниковедения, а также других социогуманитарных направлений.

#### выводы

В результате создания проекта ГИС «Музейная сеть Алтайского края» был собран комплексный материал, который в унифицированной форме составил основу базы данных ГИС. В дальнейшем он может стать потенциальным источником исследований, результаты которых и будут дополнением ГИС-ресурса.

В ходе работы по сбору информации о музеях возникли трудности, связанные с недостатком сведений о малых музеях (школьных, муниципальных). Некоторые музеи отказывались идти на контакт и предоставлять сведения.

Ориентация ресурса на широкую аудиторию способствовала выработке универсальных полей базы данных, позволяющих отразить основные (стартовые) данные о музеях.

ГИС «Музейная сеть Алтайского края», которую в дальнейшем планируется разместить в свободном доступе в сети Интернет, позволит пользователям удовлетворять самые различные информационные потребности о музейной среде региона.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, проект № 18-39-00112.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, project No18-39-00112.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Гагин В.Е., Олзоев Б.Н. ГИС-анализ состояния культурного наследия муниципального образования (на примере Хоринского района Республики Бурятия). Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Новосибирск: СГГА (Сибирская государственная геодезическая академия), 2012. Т. 1. № 1–2. С. 138–143.
- 2. *Касьянова Е.А.* Интерактивные карты современный метод представления информации. Интерэкспо ГЕО-Сибирь. Новосибирск: СГГА, 2008. Т. 1. № 2. С. 199–202.
- 3. *Корниенко С.И., Круглова А.С., Пьянков С.В.* Историко-культурное наследие Пермского края: сохранение, визуализация и изучение средствами ГИС-технологий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Краснодар, Сочи, 2015. Т. 21. С. 124–132. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-124-132.
- 4. *Рыгалов Е.В.* Создание исторической ГИС «Памятники истории и архитектуры г. Барнаула» для целей развития туризма. Баландинские чтения. Новосибирск: Новосибирская государственная архитектурно-художественная академия, 2014. Т. 9. № 1. С. 454–458.
- 5. *Lancaster L. R.*, *Bodenhamer D*. The Electronic Cultural Atlas initiative and the North American Religion Atlas. Past Time, Past Place: GIS for History. Redlands, USA: ESRI, 2002. P. 163–178.

#### REFERENCES

- 1. *Gagin V.E.*, *Olzoev B.N.* GIS analysis of the state of the cultural heritage of the municipality (on the example of Khorinsky district of the Republic of Buryatia). Interexpo GEO-Siberia. Novosibirsk: Siberian State Geodetic Academy, 2012. V. 1. No. 1–2. P.138–143 (in Russian).
- 2. Kas*yanova E.A.* Interactive maps a modern method of presenting information. Interexpo GEO-Siberia. Novosibirsk: Siberian State Geodetic Academy, 2008. V. 1. No. 2. P.199–202 (in Russian).
- 3. *Kornienko S.I.*, *Kruglova A.S.*, *Pyankov S.V.* Historical and cultural heritage of Perm Territory: preservation, visualization and study using GIS technologies. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Krasnodar, Sochi, 2015. V. 21. P. 124–132. DOI: 10.24057/2414-9179-2015-1-21-124-132 (in Russian, abs English).
- 4. *Lancaster L.R.*, *Bodenhamer D*. The Electronic Cultural Atlas initiative and the North American Religion Atlas. Past Time, Past Place: GIS for History. Redlands, USA: ESRI, 2002. P. 163–178. 5. *Rygalov E.V.* Creation of historical GIS «Monuments of history and architecture of Barnaul» for the purposes of tourism development. Balandin Readings. Novosibirsk: Novosibirsk State Academy of Architecture and Art, 2014. V. 9. No 1. P. 454–458 (in Russian).

УДК 912.43, 913, 007.51

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-390-405

Н.И. Белая<sup>1</sup>, М.Р. Владимирова<sup>2</sup>, И.С. Воскресенский<sup>3</sup>, А.А. Сучилин<sup>4</sup>, Л.А. Ушакова<sup>5</sup>

#### ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИОНЕЖЬЯ (В ПРЕДЕЛАХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

#### **АННОТАЦИЯ**

Исследования эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий ландшафтных заказников Верхнеандомский, «Атлека» и памятника природы Андомская гора в пределах Андомской возвышенности и Прионежской низины (юговосточное Прионежье в пределах Вологодской области РФ) выполнены в 2002–2017 годах сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и МИИГАиК. Целью исследования была оценка условий развития экзогенных рельефообразующих процессов под воздействием естественных факторов с применением геоинформационных систем (ГИС). При формировании структуры ГИС слои были сгруппированы в «топографический» и «тематический» блоки. Топографические источники (карты масштаба 1:100 000) формализованы в векторный формат и приведены к единой системе координат (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42). ГИС позволила провести эколого-геоморфологический анализ экзогенных рельефообразующих процессов особо охраняемых природных территорий (ООПТ), опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавить параметры «пласта эрозии» и провести последующую их обработку. Пространственный анализ в среде ГИС позволил выявить сходство в карстовых процессах и различие в их интенсивности, выраженное в мощности и пространственном распределении «пласта эрозии» ландшафтных заказников Верхнеандомский и ООПТ «Атлека», которое определяется рельефом карстово-ледниково-озёрной котловины и соответственно «карстового» плато. В пределах памятника природы Андомская гора господствуют суффозионно-карстовый процесс и оврагообразование, что обусловлено литологией (пески и песчаники) горных пород и значительной относительной высотой берегового уступа. Топографическая, геолого-геоморфологическая и тематическая информация, а также границы и уникальные характеристики ООПТ позволили составить серию производных карт, отражающих цель исследований.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**: особо охраняемые природные территории (ООПТ), экологогеоморфологические условия, экзогенные рельефообразующие процессы, геоинформационная система

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

МГУ имени М.В. Ломоносова, Музей Землеведения, e-mail: belaynadegda@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК); 105064, Россия, Москва, Гороховский пер., 4, *e-mail:* **mvladimirova@yandex.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, e-mail: isvoskresensky@rambler.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, e-mail: asuhov308@gmail.com

<sup>5</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, e-mail: la.ushakova@mail.ru

Nadegda I. Belaya<sup>1</sup>, Marina R. Vladimirova<sup>2</sup>, Ivan S. Voskresensky<sup>3</sup>, Alexander A. Suchilin<sup>4</sup>, Liudmila A. Ushakova<sup>5</sup>

# THE EXPERIENCE OF GIS APPLICATION FOR ESTIMATION OF ECOLOGICAL-GEOMORPHOLOGICAL CONDITIONS OF SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS OF ONEGA LAKE REGION (WITHIN THE VOLOGDA REGION)

#### **ABSTRACT**

The assessment of ecological-geomorphological conditions of Verkhneandomsky (on the Upper Andoma river), "Atleka" and Andomskaya Gora (Andoma Mountain) protected areas was performed by Moscow State University and Moscow State University of Geodesy and Cartography researchers during 2002-2017. The aim of the study was to evaluate conditions for the development of exogenous relief-forming processes under the influence of natural factors using geoinformation systems (GIS). Topographic maps (scale 1:100 000) were vectorized and transformed to the uniform coordinate reference system (Gauss-Krueger projection, Pulkovo-42 datum). The GIS allows carrying out the ecological-geomorphological analysis of exogenous relief-forming processes of specially protected natural areas (PAs), relying on the grouped materials in the database, adding the parameters of the "erosion layer" and conducting their subsequent processing. Spatial analysis in GIS environment made it possible to identify similarities in karst processes and the difference in their intensity, expressed in the thickness and spatial distribution of the "erosion stratum" of the landscape reserves of the Verkhneandomsky and "Atleka", which is defined by the relief of the karst-glacial-lake basin and the "karst" plateau, respectively. On the Andomskaya Gora natural monument, the suffusion-karst process and ravine dominate, which is caused by lithology (sand and sandstones) of rocks and significant relative height of the coastal ledge. Topographic, geological, geomorphological, and thematic information, as well as the boundaries and unique characteristics of the protected areas, allowed us to compile a series of derived maps reflecting the purpose of the research.

**KEYWORDS:** specially protected natural areas (PAs), ecological-geomorphological conitions, exogenous relief-forming processes, GIS

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Исследования эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий ландшафтных заказников Верхнеандомский, «Атлека» и памятника природы Андомская гора [Особо охраняемые..., 1993; Александров и др., 2011] в пределах Андомской возвышенности и Прионежской низины (рис. 1) выполнены в 2002–2017 годах сотрудниками МГУ имени М.В. Ломоносова и МИИГАиК.

Согласно концепции, изложенной в монографии [Ананьев и др., 1980], на территории юго-восточного Прионежья господствует равнинный вторичный ледниковый рельеф, сформированный на известняках карбона. На Андомской возвышенности в бассейнах

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, the Museum of Natural History; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory, *e-mail:* belaynadegda@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Moscow State University of Geodesy and Cartography (MSUGC); 105064, Russia, Moscow, Gorokhovsky byst 4, *e-mail:* **mvladimirova@yandex.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, *e-mail:* isvoskresensky@rambler.ru

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, *e-mail:* **asuhov308@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1, *e-mail:* la.ushakova@mail.ru

Балтики (река Андома и её притоки — северная и восточная части территории) и Волжском (река Сойда и её притоки — на западе и юге территории) распространены моренные гряды и холмы. Они сочетаются с карстовыми формами рельефа [Золотарёв, 1990], озёрными и аллювиальными террасами. В пределах озёрно-аллювиальной равнины Прионежской низины установлены фрагменты древних долин [Кичигин, 2008]. В настоящее время на территории активно протекают процессы карста и суффозионно-карстовые [Гвоздецкий, 1972], а также деятельность водных потоков, озёр, оврагообразование [Зорина, 2003], склоновые процессы — обвалы, осыпи, оползни, различные виды массового смещения чехла склоновых отложений [Воскресенский, 1971].

Юго-Восточное Прионежье характеризуется В.И. Кружалиным [2001], как территория со «слабо устойчивым состоянием» эколого-геоморфологических условий вследствие действия разнообразных рельефообразующих процессов. Н.Г. Судакова [Судакова и др., 2013] связывает их активность с карстующимися горными породами на данной территории, а А.Н. Кичигин — с изменением эколого-геоморфологических условий при лесоразработках [Кичигин, 1995]. Целью исследования является оценка с применением ГИС-технологий условий развития экзогенных рельефообразующих процессов под воздействием естественных факторов.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применение ГИС для оценки эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий (ООПТ) включает использование совокупности аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода и хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации [Берлянт, 2005].

Проект сформирован в среде ГИС MapInfo 12.5. Территориальный охват составляет  $36^{\circ}00'-37^{\circ}00'$  восточной долготы,  $60^{\circ}40'-62^{\circ}00'$  северной широты.

При формировании структуры ГИС слои были сгруппированы в «топографический» и «тематический» блоки. Топографические источники (карты масштаба 1:100 000) формализованы в векторный формат и приведены к единой системе координат (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42). Тематический блок включил специализированные карты морфолитогенной основы ландшафтов ООПТ [Пузаченко и др., 1997]:

- форм рельефа флювиального, карстового и другого генезиса;
- современных рельефообразующих процессов;
- мощности «пласта эрозии» [Воскресенский, 1971] для оценки интенсивности их протекания [Спиридонов, 1970].

Интенсивность рассчитана как относительная высота, измеряемая в метрах (м) между сопряжёнными формами рельефа. Её определение проведено методом «скользящего окна» со стороной 2 см по топографической карте масштаба 1:100 000.

По значениям точек относительной высоты была составлена модель «расчленения» методом триангуляции (триангуляция Делоне), где каждые пары точек соединяются между собой рёбрами с соблюдением определённых условий. Таким образом, образуется сеть треугольников, по рёбрам которых проводится интерполяция, то есть модель максимально приближенна к первоначальным параметрам.

Построение изолиний (изоплет) «мощности пласта эрозии» проводилась в стандартном приложении ГИС «Vertical Mapper»; интервал заложения принят равным 5 м, исходя из заложения горизонталей на топографической карте масштаба 1:100 000. В работе приводятся результаты пространственного анализа указанного приложения.

Актуализация топографической информации проводилась по космическим снимкам дистанционного зондирования с сервисов Yandex и Bing Maps; использовались материалы сервиса ООПТ России ФГБУ ААНИИ (http://oopt.aari.ru/), правоустанавливающие документы Минприроды РФ (www.mnr.gov.ru) и правительства Вологодской области

(http://vologda-oblast.ru).

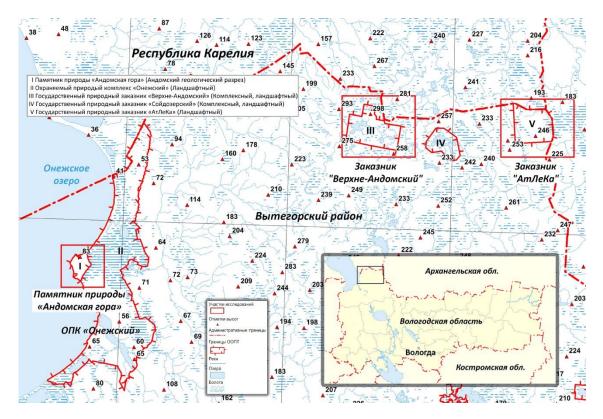


Рис. 1. Местоположение исследованных территорий (на врезке – положение территории исследования в Вологодской области) Fig. 1. The location areas

(on the incut – the position of the studied areas within Vologda region is shown)

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территории ООПТ различаются по морфологии современного рельефа, литологии горных пород, комплексам (парагенезам) современных экзогенных рельефообразующих процессов.

Верхнеандомская ООПТ занимает наиболее высокую (абсолютная высота 215—298 м) часть Андомской возвышенности. На рис. 2 показаны крупные формы рельефа — группы холмов и днища котловин, частично занятые озёрами. Они сложены известняками карбона, которые перекрыты валунниками морен и галечно-песчаными водноледниковыми отложениями различной мощности.

Сопоставление форм рельефа и рельефообразующих процессов (рис. 2 и 3) показывает, что на днище ледниково-карстово-озёрной котловины и её холмистом обрамлении господствуют «покрытый карст», склоновые процессы и эрозия временных водотоков. Это объясняется разнообразием различных по морфологии форм рельефа в днище крупной котловины. Парагенез карстовых, склоновых и пролювиальных (временных водотоков) процессов приурочен к межозёрным холмам на севере Верхнеандомской ООПТ, что связано с проявлением «покрытого карста» при инфильтрации поверхностных вод [Гвоздецкий, 1972].

Мощность «пласта эрозии» в пределах Верхнеандомской ООПТ (рис. 4) колеблется в диапазоне 15–30 м. Максимальных значений (до 30 м и более) она достигает на участках карстовых, склоновых и пролювиальных процессов в центральной части ледниково-карстово-озёрной котловины.

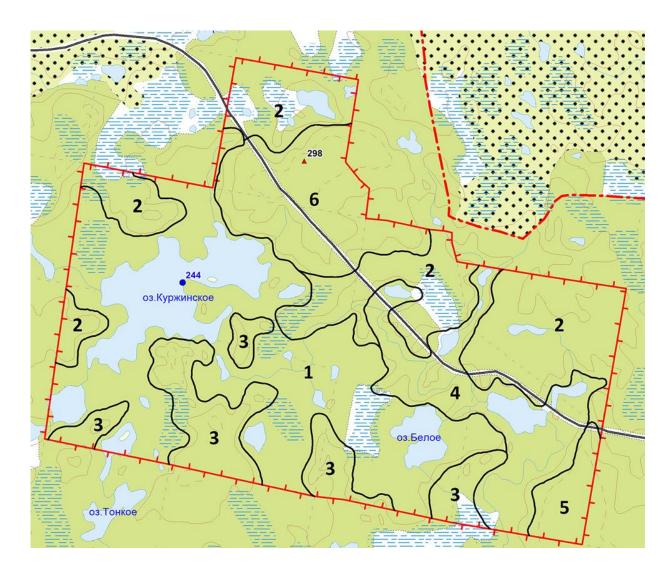


Рис. 2. Крупные формы рельефа Верхнеандомской ООПТ Условные обозначения

- 1. Днище ледниково-карстово-озёрной котловины (250–270 м абсолютной высоты) с озёрными террасами, западинами и холмами;
- 2. Фрагменты пологоволнистых поверхностей (255–275 м абсолютной высоты) с «сухими» ложбинами;
- 3. Межозёрные гряды холмов (245–265 м абсолютной высоты);
- 4. Днища озёрных котловин и межозёрных ложбин (230–250 м абсолютной высоты);
- 5. Днища долины реки Андомы и её притоков (220–240 м абсолютной высоты) с озёрными котловинами и заболоченными западинами;
- 6. Гряды холмов междуречья в верховьях рек Андомы и Сойды (240–298 м абсолютной высоты) Fig. 2. Major landforms of Verkhneandomsky PA

#### Legend

- 1. The bottom of the glacial-karst-lake basin (250–270 m of absolute height) with lake terraces, depressions and hills:
- 2. Fragments of shallow-wavy surfaces sloping surfaces (255–275 m of absolute height) with "dry" troughs;
- 3. Interlake ridges of hills (245–265 m of absolute height);
- 4. The bottoms of lake basins and interlake hollows (230–250 m of absolute height);
- 5. The bottoms of the Andoma river valley and its inflows (220–240 m of absolute height) with lake basins and swampy depressions;
- 6. Ridges of interfluve hills in the upper reaches of the Andoma and Soida rivers (240–298 m of absolute height)

Распространение современных рельефообразующих процессов на ООПТ определяется основными формами рельефа (рис. 3).

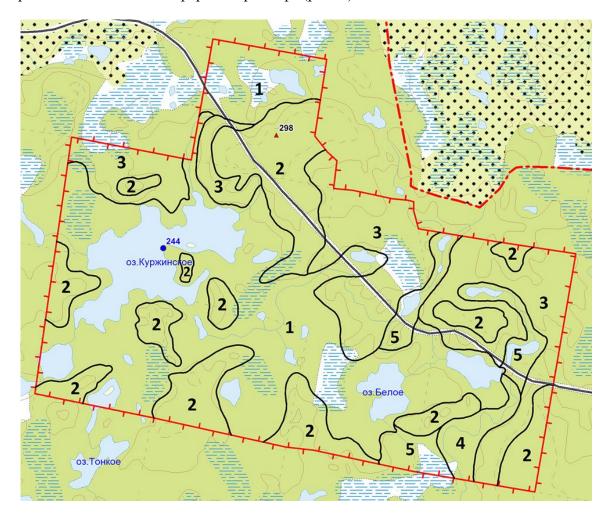


Рис. 3. Современные рельефообразующие процессы Верхнеандомской ООПТ Условные обозначения

- 1. «Озёрно-болотный» парагенез озёрная береговая абразия и аккумуляция, заболачивание;
- 2. «Склоновый» парагенез мелкоблоковое оползание и массовое смещение с отложений на склонах:
- 3. «Карстово-склоново-пролювиальный» парагенез «покрытый карст», массовое смещение склонового материала, мелкоблоковое оползание, аккумуляция временных водотоков;
- 4. «Аллювиально-склоновый» парагенез эрозия и аккумуляция постоянных и временных водотоков, мелкоблоковое оползание;
- 5. «Озёрно-аллювиально-склоновый» парагенез озёрные береговая абразия и аккумуляция, эрозия и аккумуляция постоянных водотоков, массовое смещение склонового чехла, мелкоблоковое оползание

### Fig. 3. Modern relief-forming processes of Verkhneandomsky PA Legend

- 1. "Lake-swamp" paragenesis lake coastal abrasion and accumulation, waterlogging;
- 2. "Slope" paragenesis shallow block creeping and mass displacement from sediments on slopes;
- 3. "Karst-slope-proluvial" paragenesis "covered karst", the mass displacement of the slope material, shallow block creeping, the accumulation of temporary streams;
- 4. "Alluvial-slope" paragenesis erosion and accumulation of permanent and temporary streams, shallow block creeping;
- 5. "Lake-alluvial-slope" paragenesis lake coastal abrasion and accumulation, erosion and accumulation of permanent watercourses, mass displacement of the slope cover, shallow block creeping

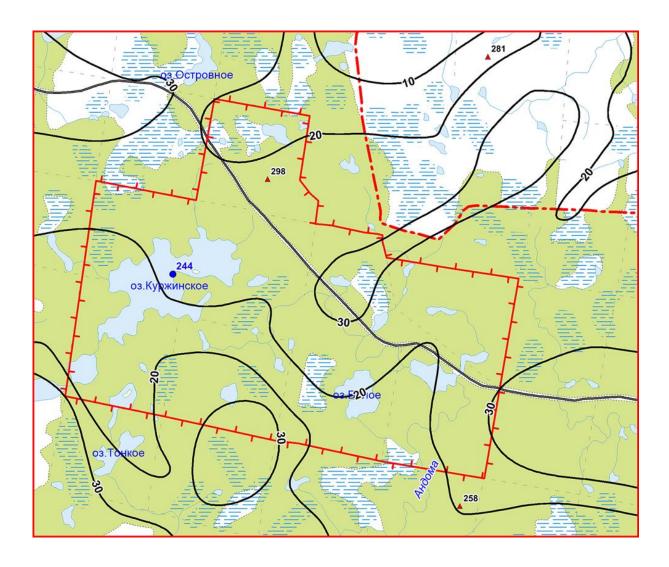


Рис. 4. Интенсивность современных рельефообразующих процессов – мощность «пласта эрозии» (м; изоплеты)

Fig. 4. The intensity of modern relief-forming processes:

"erosion stratum" thickness (m; isoplets)

Сопоставление основных форм рельефа с распространением рельефообразующих процессов и мощностью «пласта эрозии» (рис. 2, 3 и 4) позволяет заключить, что рельеф крупной озёрно-карстовой котловины Верхнеандомской ООПТ сформировался при активном действии процесса «покрытого карста» в перигляциальных условиях [Гвоздецкий, 1972]. Значительная рельефообразующая роль «покрытого карста» проявлялась в сочетании со склоновыми процессами и эрозией временных водотоков, господствовавших в Прионежье в позднем плейстоцене.

ООПТ «Атлека» занимает возвышенную северо-восточную часть (абсолютные высоты 220–270 м) «карстового плато» на северо-востоке Андомской возвышенности. Центральную часть междуречий притоков реки Сойды занимают пологоволнистые поверхности с холмами и ложбинами (рис. 5). Междуречье разделено на фрагменты долинами рек с узкими днищами и озёрными котловинами. В пределах пологих склонов встречаются неглубокие ложбины, нередко заболоченные и без постоянного водотока. Местами на поверхность междуречий и бортов долин выходят коренные породы – известняки карбона. Они перекрыты маломощным (иногда менее 1 м) чехлом ледниковых валунно-галечно-песчаных накоплений морен.

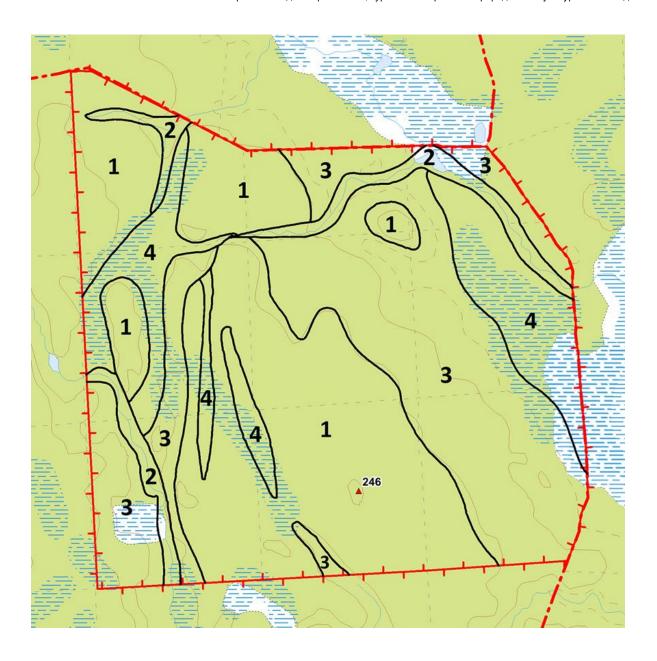


Рис. 5. Крупные формы рельефа «структурной поверхности карстового плато» Условные обозначения

- 1. «Пологоволнистые междуречья» фрагмента (абсолютные высоты 240–270 м) с холмами и западинами;
- 2. «Днища долин» рек (абсолютные высоты 180–220 м) 1–2 порядка с озёрными котловинами;
- 3. «Склоны долин» пологие (3–15°);
- 4. «Террасовидные поверхности» (абсолютные высоты 180–240 м) с ложбинами

Fig. 5. Major landforms of "the structural surface of the karst plateau" Legend

- 1. "The shallow-wavy interfluves" of a fragment (absolute heights of 240–270 m) with hills and depressions;
- 2. "The bottoms of the valleys" of rivers (absolute heights of 180–220 m) of 1–2 order with lake basins;
- 3. Gentle "slopes of the valleys" (3–15°);
- 4. "Terraced surfaces" (absolute heights of 180-240 m) with hollows

Современные рельефообразующие процессы представлены проявлениями карстовых, склоновых, русловых эрозионных и аккумулятивных, озёрных и болотных процессов (рис. 6).



Рис. 6. Рельефообразующие процессы ООПТ «Атлека» Условные обозначения

- 1. «Карстовый» парагенез покрытый и задернованный карст;
- 2. «Склоновый» парагенез массовое смещение и мелкоблоковое оползания чехла рыхлых отложений;
- 3. «Аллювиально-озёрно-склоновый» парагенез эрозия и аккумуляция постоянных водотоков в малых долинах, абразия берегов озёр, массового смещения и мелкоблокового оползание рыхлых отложений;
- 4. «Склоново-болотный» парагенез массовое смещения чехла рыхлых отложений и заболачивание;
- 5. «Ложбинно-западинно-болотный» парагенез эрозия и аккумуляция временных водотоков заболачивание днищ ложбин и западин;
- 6. «Грунтовых потоков» парагенез линейно-массовое смещение рыхлых отложений в увлажнённых днищах ложбин;
- 7. «Карстово-болотный» парагенез задернованный и покрытый карст и заболачивание Fig. 6. Relief-forming processes of "Atleka" PA
- 1. "Karst" paragenesis covered and turf-covered karst;
- 2. "Slope" paragenesis mass displacement and shallow block creeping of loose sediment cover;
- 3. "Alluvial-lake-slope" paragenesis erosion and accumulation of constant watercourses in small valleys, abrasion of the shores of lakes, mass displacement and small-block creeping of loose sediments;
- 4. "Slope-swamp" paragenesis mass displacement of loose sediment cover and waterlogging;
- 5. "Hollow-depression-swamp" paragenesis erosion and accumulation of temporary watercourses, swamping of bottoms of hollows and depressions;
- 6. "Ground flows" paragenesis linear-mass displacement of loose deposits in the moist bottoms of the hollows:
- 7. "Karst- swamp" paragenesis turf-covered and covered karst and waterlogging

Карстовые процессы приурочены к наиболее высокой части междуречий долин притоков реки Сойды (рис. 5 и 6). На их склонах протекает «массовое и линейно-массовое смещение чехла рыхлых отложений» в условиях заболачивания, что связано с выходом грунтовых вод на поверхность из массива карстующихся пород.

Мощность «пласта эрозии» и её распределение в пределах (рис. 7) ООПТ «Атлека» изменяется в диапазоне от 50 до 20 м, увеличиваясь более чем в 2 раза в её южной части по сравнению с северной. Максимальные значения тяготеют к южной части фрагмента карстового плато, где распространены активно протекающие процессы «покрытого и задернованного» карста. В юго-западной части ООПТ (долина реки Белый) при значениях мощности «пласта эрозии», превышающих 40 м, активно протекают процессы линейномассового смещения отложений на склонах.

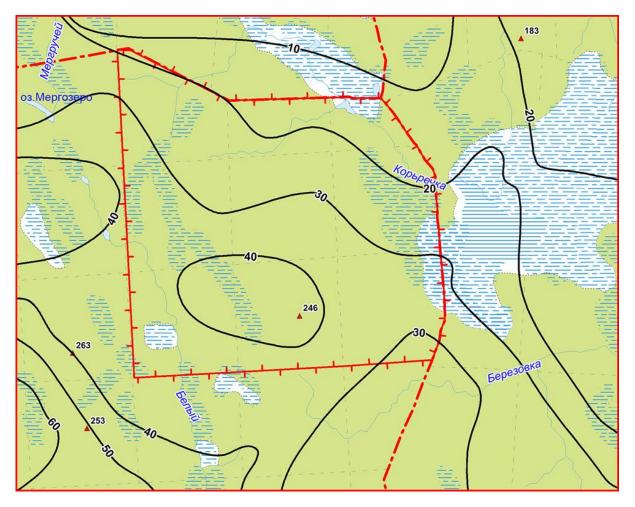


Рис. 7. Интенсивность современных рельефообразующих процессов – мощность «пласта эрозии» (м; изоплеты)

Fig. 7. The intensity of modern relief-forming processes: erosion stratum thickness (m; isoplets)

Таким образом, в южной части ООПТ «Атлека» сохранился «исходный» рельеф карстового плато, который в послеледниковое время подвергается преобразованию «задернованным» и «покрытым» карстом и склоновыми процессами линейно-массовой разновидности смещения чехла рыхлых отложений.

Памятник природы Андомская гора занимает асимметричный холм на побережье Прионежской низины (урез Онежского озера – 33 м абсолютной высоты) в низовьях реки

Андомы. Холм сложен песками и песчаниками девона и плейстоцена, которые перекрыты толщей валунно-галечных отложений и переотложенных ледниковых отложений. Рельеф ООПТ — холмистая поверхность (абсолютная высота 63–88 м) с многочисленными ложбинами и западинами. Со стороны Онежского озера Андомская гора ограничена крутым склоном высотой до 30–33 м (рис. 8).

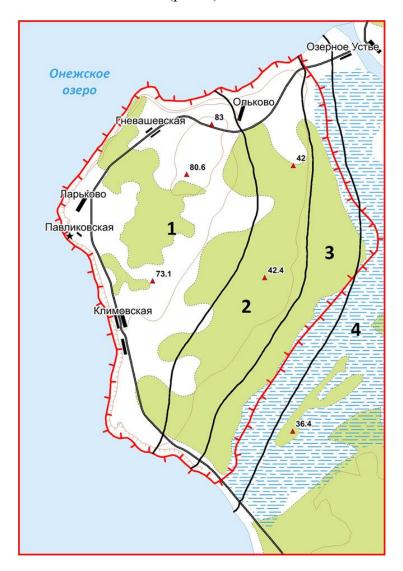


Рис. 8. Рельеф ООПТ памятника природы Андомская Гора Условные обозначения

- 1. Пологоволнистая поверхность холма Андомской Горы с абсолютными высотами 60-88 м;
- 2. Склон пологий (3–10°), расчленённый ложбинами и балками;
- 3. Террасовидная поверхность на левом борту реки Андомы относительной высотой до 5-7 м;
- 4. Пологоволнистая поверхность абсолютной высотой 33–38 м и относительными высотами до 3 м берегового вала, поймы реки Андомы и поверхность болотной аккумуляции в пределах ООПТ Fig. 8. Relief of Andomskaya Gora (Andoma Mountain) natural monument Legend
- 1. The gently sloping surface of the hill of Andomskaya Gora Mountain with absolute heights of 60–88 m;
- 2. The gentle slope (3–10°), dissected by hollows and ravines;
- 3. Terraced surface on the left side of the Andoma river with a relative height of 5–7 m;
- 4. The flat-wavy surface with an absolute height of 33–38 m and relative heights of up to 3 m of the coastal rampart, the floodplain of the Andoma River and the surface of swamp accumulation within the PA

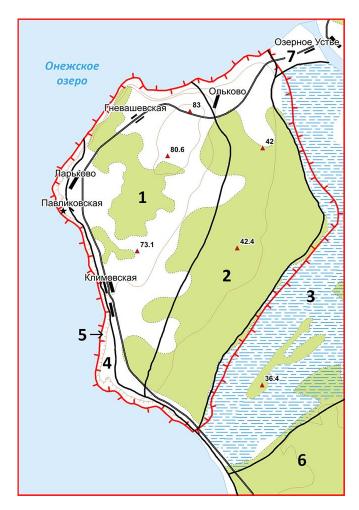


Рис. 9. Парагенезы современных рельефообразующих процессов ООПТ Андомская Гора Условные обозначения

- 1. «Карстово-суффозионно-эрозионный» парагенез карстово-суффозионный процесс, эрозия временных водотоков, просадки поверхности, заболачивание западин и днищ ложбин, аккумуляции эоловой пыли;
- 2. «Склоново-пролювиальный» парагенез массовое смещение склонового чехла, мелкоблоковое оползание, эрозия и аккумуляция временных водотоков;
- 3. «Болотно-пролювиальный» парагенез заболачивание, эрозия и аккумуляция временных водотоков:
- 4. «Овражно-оползневой» парагенез «оврагообразование» и блоковое оползание;
- 5. «Склоново-абразионный» парагенез блоковое оползание, обваливание и озёрная абразия на береговом уступе и его подножье;
- 6. «Пролювиально-болотный» парагенез эрозия временных водотоков, заболачивание;
- 7. «Озёрно-болотный» парагенез озёрная аккумуляции, заболачивание

### Fig. 9. Parageneses of modern relief-forming processes of the Andomskaya Gora PA Legend

- 1. "Karst-suffosion-erosion" paragenesis karst-suffusion process, erosion of temporary streams, surface subsidence, waterlogging of hollows and bottoms of hollows, accumulation of aeolian dust;
- 2. "Slope-proluvial" paragenesis mass displacement of the slope cover, shallow block creep, erosion and accumulation of temporary streams;
- 3. "Swamp-proluvial" paragenesis waterlogging, erosion and accumulation of temporary streams;4. "Ravine-landslide" paragenesis "gully formation" and block creeping;
- 5. "Slope-abrasion" paragenesis block creeping, debris and lake abrasion on the coastal ledge and its
- 6. "Proluvial-swamp" paragenesis erosion of temporary streams, waterlogging;
- 7. "Lake-swamp" paragenesis lake accumulation, waterlogging

Современные рельефообразующие процессы (рис. 9) представлены карстовосуффозионным процессом, который приводит к растворению цемента песчаников и слаболитифицированных песков с последующим выносом частиц песка грунтовыми водами из толщи пород, слагающих Андомскую гору. Он сопровождается эрозией временных водотоков, которая приводит к формированию оврагов в пределах крутого склона (рис. 10).

Современные изменения рельефа в пределах Андомской горы связаны с суффозионно-карстовым процессом [Гвоздецкий, 1972], который развивается при растворении цемента уплотнённых песков и песчаников, слагающих Андомский холм. В береговой зоне этот процесс сопровождается активизацией «оврагообразования», обваливанием, осыпанием, оползанием и дефляцией и эоловой аккумуляцией (рис. 8, 9 и 10).



Рис. 10. Береговой овраг в районе населённого пункта Павликовская (на врезке — фото И.С. Воскресенского; снимок с вертолёта предоставлен Н.К. Максутовой)

Fig. 10. Coastal ravine near Pavlikovskaya village

(on the incut — photo by I.S. Voskresensky; image from helicopter is provided by N.K. Maksutova)

#### выводы

Результаты проведённого исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Пространственный анализ в среде ГИС позволил выявить сходство в карстовых процессах и различие в их интенсивности, выраженной в мощности и пространственном распределении «пласта эрозии» ландшафтных заказников Верхнеандомский и ООПТ «Атлека», которое определяется рельефом карстово-ледниково-озёрной котловины и «карстового» плато соответственно. В пределах памятника природы Андомская гора господствуют суффозионно-карстовый процесс и оврагообразование, что обусловлено

литологией (пески и песчаники) горных пород и значительной относительной высотой берегового уступа.

2. ГИС позволяет проводить эколого-геоморфологический анализ экзогенных рельефообразующих процессов ООПТ, опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавлять параметры «пласта эрозии» и проводить их последующую обработку.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено кафедрой геоморфологии и палеогеографии и кафедрой картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках НИР «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования» и «Методы и технологии картографии, геоинформатики и аэрокосмического зондирования в исследованиях изменений природной среды и общества».

Авторы благодарят Вологодскую областную организацию Русского географического общества и её председателя Н.К. Максутову за предоставленные материалы и поддержку исследований.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was carried out by the Department of Geomorphology and Paleogeography and the Department of Cartography and Geoinformatics of Faculty of Geography of Moscow State University Lomonosov in the framework of the research work "Evolution of the natural environment, dynamics of the relief and geomorphological safety of nature management" and "Methods and technologies of cartography, geoinformatics and aerospace sounding in studies of changes in the environment and society".

The authors would like to thank Vologda regional organization of the Russian Geographical Society and its chairman N.K. Maksutova for the materials and research support.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Александров Г., Кобяков К., Марковский А., Носкова М., Мамонтов В., Ильина О., Веселов А., Турунен О., Столповский А., Фёдоров А., Латка В., Харченко О., Иванюк Г., Смирнов Д., Ковалёв Д., Пилипенко Е., Чуракова Е., Вдовин И., Волкова О., Чемякин Р., Филенко С., Эрайя С., Холина Т. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга СПб.: ООО Северо-Западный Печатный Двор, 2011. 503 с.
- 2. Ананьев Г.С., Андреева Т.С., Варущенко С.И., Воскресенский С.С., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Спасская И.И., Спиридонов А.И., Ульянова Н.С. Геоморфологическое районирование СССР. М.: Высшая школа, 1980. 343 с.
- 3. Берлянт А.М. Картографический словарь. М.: Научный мир, 2005. 423 с.
- 4. *Воскресенский С.С.* Динамическая геоморфология: Формирование склонов. М.: Издательство Московского Университета, 1971. 229 с.
- 5. Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. М.: Мысль, 1972. 392 с.
- 6. *Золотарёв Г.С.* Методика инженерно-геологических исследований. М.: Издательство Московского Университета, 1990. 384 с.
- 7. *Зорина Е.Ф.* Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. М.: ГЕОС, 2003. 170 с.
- 8. Кичигин А.Н. Инженерная геоморфология Вологодской области: Учебное пособие. Вологда: ВПИ, 1995. 118 с.

- 9. Кичигин А.Н. Погребённый четвертичный рельеф Вологодской области. Вторые и третьи Тетяевские чтения по проблемам геологического строения и полезным ископаемым Вологодской области и сопредельных территорий. Вологда: ВоГТУ, 2008. С. 93–101.
- 10. Кружалин В.И. Экологическая геоморфология суши. М.: Научный мир, 2001. 176 с.
- 11. Особо охраняемые природные территории, растения и животные Вологодской области. Отв. ред. Г.А. Воробьёв. Вологда: Ком. экологии и природных ресурсов, Русь, Полиграфист, 1993. 254 с.
- 12. Пузаченко Ю.Г., Дьяконов К.Н., Иванов А.Н. Анализ иерархической структуры рельефа как основы организации природно-территориального комплекса. Вестник МГУ. Сер. 5, География, 1997. № 5. С. 3–9.
- 13. Спиридонов А.И. Основы методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. М.: Высшая школа, 1970. 456 с.
- 14. Судакова Н.Г., Антонов С.И., Введенская А.И., Глушанкова Н.И., Карпухин С.С., Костомаха В.А., Макарова Н.В., Немцова Г.М., Рычагов Г.И., Фаустов С.С. Палеогеографические закономерности развития морфолитосистем Русской равнины. Районирование. Стратиграфия. Геоэкология. Москва: МГУ, географический факультет, 2013. 95 с.

#### REFERENCES

- 1. Alexandrov G., Kobyakov K., Markovsky A., Noskova M., Mamontov V., Ilyina O., Veselov A., Turunen O., Stolpovsky A., Fedorov A., Latka V., Harchenko O., Ivanyuk G., Smirnov D., Kovalev D., Pilipenko E., Churakova E., Vdovin I., Volkova O., Chemyakin R., Filenko S., Eraya S., Kholina T. Preservation of valuable natural territories of the North-West of Russia. Analysis of the representativeness of the PA network in Arkhangelsk, Vologda, Leningrad, Murmansk regions, Republic of Karelia, and St. Petersburg. St. Petersburg: LLC North-West Printing Yard, 2011. 503 p. (in English and in Russian).
- 2. Ananyev G.S., Andreeva T.S., Varushchenko S.I., Voskresensky S.S., Leontiev O.K., Lukyanova S.A., Spasskaya I.I., Spiridonov A.I., Ulyanova N.S. Geomorphological zoning of the USSR. Moscow: Superior school, 1980. 343 p. (in Russian).
- 3. Berlyant A.M. Cartographic wordbook. Moscow: Scientific World, 2005. 423 p. (in Russian).
- 4. *Gvozdetskiy N.A.* The karst study problems and the practice. Moscow: Think, 1972. 392 p. (in Russian).
- 5. *Kichigin A.N.* Buried quaternary relief of Vologda region. Second and third Tetyayev Readings on the problems of geological structure and minerals of the Vologda region and adjacent territories. Vologda: Vologda State Technical University, 2008. P. 93–101 (in Russian).
- 6. *Kichigin A.N.* Engineering geomorphology of Vologda region: a tutorial. Vologda: Vologda Pedagogic Institute, 1995. 118 p. (in Russian).
- 7. Kruzhalin V.I. Land ecological geomorphology. Moscow: Scientific World, 2001. 176 p. (in Russian).
- 8. Protected areas, plants, and animals of Vologda region. Ed. by G.A. Vorobyov. Vologda: Committee of Ecology and Natural Resources, Rus, Polygraphist, 1993. 254 p. (in Russian).
- 9. *Puzachenko Yu.G.*, *Dyakonov K.N.*, *Ivanov A.N.* The analysis of hierarchical relief structure as a basis of natural territorial complex organization. Bulletin of Moscow State University. Series 5, Geography, 1997. P. 3–9 (in Russian).
- 10. *Spiridonov A.I.* Fundamentals of the methods of field geomorphological studies and geomorphological mapping. Moscow: Superior school, 1970. 456 p. (in Russian).
- 11. Sudakova N.G., Antonov S.I., Vvedenskaya A.I., Glushankova N.I., Karpukhin S.S., Kostomakha V.A., Makarova N.V., Nemtsova G.M., Rychagov G.I., Faustov S.S. Paleogeographic patterns of development of morpholithosystems of the Russian Plain. Zoning. Stratigraphy. Geoecology. Moscow: MSU, Geographical faculty, 2013. 95 p. (in Russian).

- 12. *Voskresensky S.S.* Dynamic geomorphology: slope formation. Moscow: Moscow University Press, 1971. 229 p. (in Russian).
- 13. *Zolotaryov G.S.* Methodic of engineering-geological research. Moscow: Moscow University Press, 1990. 384 p. (in Russian).
- 14. *Zorina E.F.* Ravine erosion: regularities and development potential. Moscow: GEOS, 2003. 170 p. (in Russian).

УДК: 528.9 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-406-412

Е.С. Черепанова<sup>1</sup>, М.А. Алёшин<sup>2</sup>, М.Д. Худорожков<sup>3</sup>

# ПЕРМСКИЙ КЛАССИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ И ПЕРМСКИЙ АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ: ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ СОВМЕСТНЫХ ПОЛЕВЫХ УЧЕБНЫХ ПРАКТИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ФАКУЛЬТЕТОВ

#### **АННОТАЦИЯ**

Основная задача современного образовательного процесса в высшей школе максимально приблизить теоретическое обучение по профильным дисциплинам учебного плана к условиям производства и максимально насытить прикладными аспектами. Важнейшее условие успешного освоения основной образовательной программы высшего образования любого направления является последовательность освоения студентами всех её блоков – дисциплин, практик и государственной итоговой аттестации. Учебные практики для студентов прикладных факультетов высших учебных заведений (в нашем случае студентов географического факультета ПГНИУ и студентов факультета почвоведения, агрохимии, экологии и товароведения ПГАТУ), чья учебная деятельность связана с исследованиями природной и антропогенной среды различными методами, занимают особое место. Основная цель такого рода практики – получение первичных умений и навыков, закрепление теоретических знаний, полученных в процессе теоретического обучения. Такие практики, как правило, проходят на территориях учебно-научных баз, учебно-опытных хозяйств, стационаров, где присутствуют эталонные природные и антропогенные элементы, и используются базовые и современные технологии обработки ланных.

Усилиями Пермского преподавателей государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ) и Пермского аграрно-технологического университета (ПАГТУ) был реализован проект совместного проведения полевой учебной практики в рамках конкретного хозяйства. Главная цель подобных инициатив – в условиях научного взаимодействия вовлечь студентов разных направлений подготовки в полный цикл производственной деятельности предприятия, работающего с пространственными данными – от сбора и анализа первичных пространственных данных до выдачи готового картографического продукта.

В рамках практики были спланированы и осуществлены полевые и камеральные работы на одном из крупнейших сельскохозяйственных предприятий Пермского края, основными видами деятельности которого является разведение крупного рогатого скота, мясное и молочное скотоводство, а также выращивание зернобобовых и зерновых культур. Результатом работ должны были стать картографические произведения – картограммы показателей, определяющих уровень плодородия почвы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: точное земледелие, ГИС-технологии, составление картограмм по агрохимическим показателям

<sup>1</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, e-mail: cherepanova es@rambler.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Пермский государственный аграрно-технологический университет, ул. Петропавловская, д. 23, 614000, Пермь, Россия, e-mail: matvei0704@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, д. 15, 614990, Пермь, Россия, e-mail: mishahudor@yandex.ru

## Ekaterina S. Cherepanova<sup>1</sup>, Matvey A. Alyoshin<sup>2</sup>, Mikhail D. Khudorozhkov<sup>3</sup>

## PERM STATE UNIVERSITY AND PERM AGRO-TECHNOLOGICAL UNIVERSITY: EXPERIENCE OF JOINT FIELD TRAINING PRACTICES FOR STUDENTS OF NATURAL SCIENTIFIC FACULTIES

#### **ABSTRACT**

The main task of modern educational process in higher education is to maximize the theoretical learning on any discipline of the curriculum to its applied aspects. The most important condition for successful mastering of the basic educational program of higher education of any direction is the sequence of mastering by students all its parts – disciplines, practices and state final attestation. Educational practices for students of natural science faculties of higher educational institutions (in our case, students of the Faculty of Geography of PSU and students of the Faculty of Soil Science, Agrochemistry, Ecology and Commodity Studies of PSATU), whose educational activities are related to research of the natural and anthropogenic environment by various methods, occupy a special place. The main purpose of this type of practice is to acquire primary skills and to consolidate theoretical knowledge obtained in the course of theoretical training. Such practices, as a rule, are held on some educational and scientific bases, training and experimental farms, hospitals, where the reference natural and anthropogenic elements are present, and basic and modern data processing technologies are used.

With the efforts of the teachers of the Perm State National Research University (PSU) and the Perm Agro-Technological University (PSATU), a joint field training project was implemented. The main goal of such initiative is to involve students from different areas of training in a full cycle of production activities of an enterprise working with spatial data, from the collection and analysis of primary spatial data to the issuance of a completed cartographic product.

Within the framework of the practice, field and cameral work was planned and carried out at one of the largest agricultural enterprises of Perm Region, the main activity of which is cattle breeding, meat and dairy cattle breeding, and the cultivation of leguminous and cereal crops. The result of the work is presented in cartographic works – cartograms of soil fertility indicators.

**KEYWORDS:** precision agriculture, GIS-technology, the mapping of the agrochemical indicators

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Вовлечение во взаимодействие между вузами представителей от производственного сектора экономики выступает весомым и зачастую важнейшим фактором, определяющим вектор развития отрасли, корректирующим направленность проведения не только практики, но и всего учебного процесса по отдельным направлениям. Кроме этого, на самих участников образовательного процесса (студентов, преподавателей), накладывается определённый уровень ответственности за цифровой продукт, полученный по результатам практики.

Использование специалистами хозяйства современных специальных карт (в нашем случае - картограмм) позволяет перейти и активно использовать технологии так называемого «точного земледелия». Под этим термином понимается комплексная высокотехнологичная система сельскохозяйственного менеджмента, включающая в себя технологии глобального позиционирования, ГИС, оценки продуктивности растений и уровня урожайности, ДЗЗ. В условиях хозяйства эта система направлена на получение максимального объёма качественной и наиболее дешёвой сельскохозяйственной

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Perm State University, Bukireva st., 15, 614990, Perm, Russia, e-mail: cherepanova es@rambler.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Perm State Agrarian and Technological University, Petropavlovskaya st., 23, 614000, Perm, Russia, e-mail: matvei0704@mail.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Perm State University, Bukireva st., 15, 614990, Perm, Russia, e-mail: mishahudor@yandex.ru

продукции с учётом норм экологической безопасности [Труфляк, 2016]. Также технологии точного земледелия позволяют управлять продуктивностью посевов с учётом внутрипольной вариабельности среды обитания растений, а именно — оптимального управления для каждого квадратного метра [Якушев, Якушев, 2007].

Пермский край трудно отнести к передовым регионам в области ведения сельского хозяйства, учитывая особенности климата и характер почвенного покрова, и поэтому опыт внедрения компонентов точного земледелия в регионе достаточно ограничен. Однако существуют крупные хозяйства, где руководство осознаёт необходимость применения инновационных подходов, так как современные картографические продукты позволяют наиболее грамотно использовать основные и оборотные средства, сопутствующие затраты, способствуют более быстрому ответу на возникающие вызовы в производства. Высокая востребованность современных и картографических материалов в настоящее время обусловлена отсутствием таковых за прошедшее десятилетие, поскольку последнее обновление карт такого рода проводилось в 2000-2003 годах. Таким образом, идея проведения учебной полевой практики для студентов направлений подготовки «Картография и геоинформатика» и «Агрохимия и агропочвоведение» в рамках конкретного производства была активно принята не только со стороны представителей хозяйства, но и нашла соответствующий отклик и поддержку со стороны руководителя и специалистов сельскохозяйственного управления муниципального района Пермского края [Алёшин, Черепанова, 2017].

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Производство, связанное с выращиванием сельскохозяйственных культур, напрямую не только зависит от климатических условий сезона, но и в большей степени обусловлено уровнем плодородия конкретного участка землепользования. В свою очередь плодородие является «сборным» показателем, сочетающим в себе совокупность отдельных физикохимических, биологических, агрохимических и прочих параметров. Владение подобного рода информацией необходимо специалисту аграрного сектора для более грамотного выстраивания работ в весенне-летний и осенний периоды, подбора и приобретения соответствующих агрохимикатов и выстраивания грамотного логистического взаимодействия внутри отделения или хозяйства. В целом на основании графического отображения результатов лабораторных исследований, специалист-агроном хозяйства может сделать заключение о степени плодородия почвы, уровне возможного урожая по конкретной возделываемой культуре, нуждаемости в мелиорантах и удобрениях [Михайлов, 2012]. Дифференцированное внесение удобрений с учётом внутрипольной вариабельности почвенного плодородия является одним из перспективных способов повышения их эффективности [Бобкова, Лобков, 2017].

Отбор почвенных образцов, как основной блок полевых работ, проходил в конце июня 2017 года. В данный период года наиболее ярко проявляются основные потребности растений и обеспеченность почвы элементами минерального питания. Помимо отбора проб, руководители практики преследовали реализацию и других идей:

- разработка алгоритмов сбора первичных пространственных данных;
- планирование и осуществление полевых и камеральных работ самими студентами;
- максимальное приближение профессионального образования к реальному производству;
  - работа в команде, распределение обязанностей, планирование времени;
- интеграция существующей системы агрохимического обследования с ГИСтехнологиями;
- создание современного продукта, востребованного со стороны передовых сельскохозяйственных товаропроизводителей края.

Производственные работы осуществлялись в несколько этапов: подготовительный (этап обработки и подготовки картографического материала), полевой, камеральный (этап обработки почвенных образцов), этап создания картографического материала. Камеральная обработка данных проводилась в агрохимических лабораториях ПГАТУ с применением высокотехнологичных инструментов и приборов, а обработка и выдача карт – в ПГНИУ. Для создания картографического материала был использован лицензионный программный комплекс ArcGIS.

Конечным результатом данных исследований явились картограммы распределения некоторых элементов ( $pH_{kcl}$ ,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ), влияющих на степень плодородия почв. Картограммы в почвенном картографировании представляют собой схематическую сельскохозяйственную карту, и на их основе дают рекомендации по дифференцированному внесению удобрений.

На первом этапе от хозяйства был получен картографический архивный материал на территорию землепользования сельскохозяйственного предприятия. Пакет документов включал почвенную карту масштаба 1:10 000, созданную в 1983 году и карту с участками землепользования, составленную на основе аэрофотосъемки более 20 лет назад. Все перечисленные материалы нуждались в основательной корректировке и обновлении. Карты были последовательно отсканированы, отображены в ГИС и приведены в известную систему координат. Далее были уточнены по космическим снимкам размеры и местоположения сельскохозяйственных угодий хозяйства. Изменение границ было связано с вырубкой лесного массива, зарастанием кустарниковой растительностью и передачей сельскохозяйственных земель под застройку жилому сектору. На этом же этапе с сервера Росреестра в ArcGIS-проект были загружены кадастровые карты, по которым уточнялись границы населённых пунктов. Для корректного сбора почвенных образцов все сельскохозяйственные угодья были разбиты на отдельные элементарные участки, согласно которым проводилось выстраивание полевых маршрутов.

Следующий этап работ включал в себя собственно полевые работы: выезд в хозяйство, изучение правил техники безопасности при проведении полевых работ, рекогносцировка местности, отбор почвенных образцов при помощи тростевых буров с глубины пахотного горизонта. Данная процедура для студентов классического университета была совершенно новой, позволяющей понять происхождение первичных данных. В рамках каждого элементарного участка взятие 20–25 индивидуальных проб происходило на основании ранее проложенного маршрута через строго определённое расстояние, на глубину пахотного горизонта. Индивидуальные пробы, полученные в рамках одного участка, складировались в один пакет (объединённая проба) и подписывались согласно нумерации и деления полей на контуры.

На дерново-подзолистых почвах в условиях пахотных участков самый верхний (гумусовый) горизонт составляет в основном 20–25 см. Учитывая особенности используемой технологии основной обработки почвы в хозяйстве (до 15 см), его мощность редко превышала 18 см. Строение тростевого бура, используемого для отбора проб, позволяет без особых физических усилий за один укол равномерно произвести отбор почвы со всей мощности данного горизонта.

Выбор способа анализа исключительно пахотного горизонта почв и строения бура для отбора образцов почвы связан с особенностью распространения порядка 60–80 % корневых систем однолетних зерновых, зернобобовых и многолетних бобовых травянистых растений в рамках пахотного, более гумусированного горизонта.

Третий этап — камеральная обработка результатов полевых работ; студенты классического университета занимались обработкой цифровых пространственных данных, студенты сельскохозяйственного профиля — лабораторными анализами почвенных образцов. В рамках данного этапа были организованы совместные лабораторные и

лекционные занятия, где студенты познакомились с отдельными элементами работы своих коллег и узнали специфику обучения на другой специальности.

Согласно методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, в качестве основных агрохимических параметров, определяемых в процессе агрохимического картографирования в условиях Нечерноземной зоны в целом и Пермского края в частности, являются следующие показатели:

- уровень почвенной кислотности (реакция почвенного раствора  $pH_{KCl}$ )<sup>1</sup>;
- содержание подвижных соединений фосфора и калия<sup>2</sup>;
- обеспеченность почвы органическим веществом<sup>3</sup>;
- величина гидролитической кислотности<sup>4</sup>, сумма обменных оснований<sup>5</sup>, степень насыщенности почвы основаниями (V, расчётным способом)<sup>6</sup>.

Перечисленный спектр показателей является определяющим с точки зрения сельскохозяйственного производства, уровня плодородия почвы и позволяет установить лимитирующий фактор развития сельскохозяйственных культур в каждом конкретном случае.

В результате исследования были созданы картографические произведения — почвенные картограммы, отражающие следующие почвенные характеристики:

- Величина обменной кислотности (рНксі);
- Содержание подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);
- Содержание подвижного калия (К<sub>2</sub>О).

Остальные показатели были детально представлены по агрохимическим контурам в итоговом документе «Паспортная ведомость».

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Всего в рамках работы было изучено и переведено в цифровой формат хранения данных 16 планшетов. Были уточнены все площадные характеристики сельскохозяйственных угодий. Уточнение площадей конкретных полей и вне севооборотных участков позволят оптимизировать уровень затрат по отдельным элементам технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наиболее точно спланировать количество посевного материала, агрохимикатов, единиц техники.

На основании лабораторных исследований были получены данные по каждому элементарному участку. С использованием совокупности данных по каждому показателю были составлены соответствующие одноименные картограммы. Для их составления выявлялись элементарные участки со схожими показателями (кислотности, фосфора, калия), которые объединяли в единый контур с последующим вычислением для каждого из них средневзвешенного показателя.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её рН по методу ЦИНАО. Электронный ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200023490 (дата обращения 28.09.2018)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> ГОСТ 26207-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Электронный ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200023451 (дата обращения 28.09.2018)

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. Электронный ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200023481 (дата обращения 28.09.2018)

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. Электронный ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200023469 (дата обращения 28.09.2018)

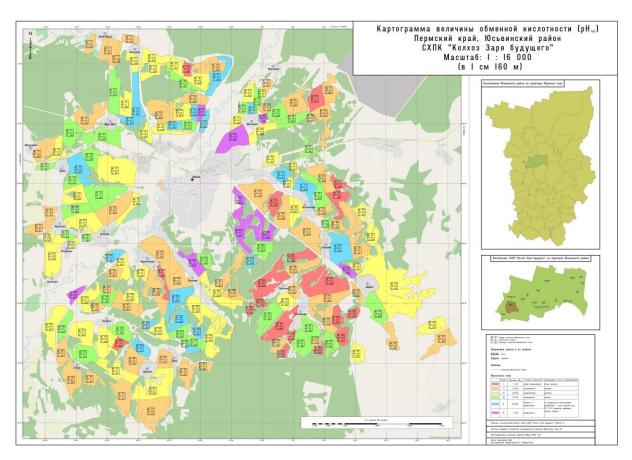
<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> ГОСТ 27821-88 Почвы. Определение суммы поглощённых оснований по методу Каппена. Электронный ресурс: http://docs.cntd.ru/document/1200023552 (дата обращения 28.09.2018)

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. Электронный ресурс: http://www.alppp.ru/law/hozjajstvennaja-dejatelnost/selskoe-hozjajstvo/20/metodicheskie-ukazanija-po-provedeniyu-kompleksnogo-monitoringa-plodorodija-pochv-zemel-se.pdf (дата обращения 28.09.2018)

При разработке компоновки карты учитывались требования заказчика. Компоновка включала в себя: картограмму (изображение), базовую подложку, легенду, масштабную линейку, заголовок, дополнительные элементы карты. В качестве базовой картографической подложки использована подложка ОрепStreetMap. Данная подложка упрощает процесс прочтения карты, а также подчёркивает отображаемое явление. Для оперативного считывания карты пользователем для каждого контура вынесены показатели: порядковый номер сельскохозяйственного поля, средневзвешенный показатель и площадь сельскохозяйственного поля.

Использование сквозной нумерации для контуров позволяет более детально сопоставить показатель, отображённый на картограмме, с остальными агрохимическими показателями в рамках конкретного контура в итоговом документе «Паспортная ведомость».

На рис. 1 показана общая концепция картограмм величины обменной кислотности. Красно-оранжевые и жёлтые тона для контуров указывают на сильно- и среднекислую реакцию среды, зачастую ограничивающую развитие сельскохозяйственных культур. Тона голубого и фиолетового цвета — реакция среды соответственно близкая к нейтральной и нейтральная. В данных условиях растения могут наиболее полно проявить свой потенциал продуктивности.



Puc. 1. Картограмма величины обменной кислотности Fig. 1. Cartogram of the value of the exchange acidity

Кроме установления степени плодородия и возможности планирования отдельных мероприятий, полученные картограммы позволяют произвести оценку отдельных организационно-технических приёмов (обработка почвы, соблюдение чередования культур в севооборотах, равномерность и характер внесения органических удобрений и тому подобное). В подтверждение последнего пункта может служить более выраженная

«пестрота» по ряду показателей на участках, примыкающих к животноводческим комплексам в районе населённых пунктов.

#### **ВЫВОДЫ**

В работе был представлен полный комплекс работ и мероприятий по созданию картографического материала от полевых исследований с получением первичных данных до создания готового продукта – картограммы.

Анализ полученных почвенных образцов с последующим их графическим отображением позволил специалисту-агроному сельскохозяйственного предприятия сформировать план по проведению мероприятий по оптимизации реакции среды почвы (известкованию), дифференцированному внесению минеральных удобрений, выравниванию уровня плодородия за счёт более равномерного распределения органических удобрений (подстилочного навоза) по поверхности почвы и других.

Уточнение контуров и площадей по отдельным участкам землепользования в хозяйстве позволил оптимизировать уровень затрат по отдельным элементам технологии возделывания сельскохозяйственных культур, наиболее точно спланировать количество посевного материала, агрохимикатов, единиц сельскохозяйственной техники.

На всём протяжении совместной работы студенты и руководители практики отмечали высокий интерес к междисциплинарным исследованиям, которые обеспечивают понимание всех этапов производственной деятельности предприятий, ведущих свою деятельность в области природопользования и сельского хозяйства. Для преподавателей, инициировавших данную работу, данное взаимодействие позволит более детально ознакомиться со всем спектром используемых технологий, выявить новые возможности интерпретации пространственных данных.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алёшин М.А., Черепанова Е.С. Межвузовское сотрудничество в сфере организации и проведения учебных практик в условиях конкретного сельскохозяйственного производства. Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края, 2017. № 10. С. 12–15.
- 2. *Бобкова Ю.А., Лобков В.Т.* Использование технологий точного земледелия при создании агрохимических картограмм. Вестник ОрёлГАУ, 2017. № 4 (67). С. 25–31.
- 3. *Михайлов С.И.* Применение дистанционного зондирования Земли для целей высокоточного земледелия. Земля из Космоса, 2012. № 14. С. 24–26.
- 4. Труфляк E.В. Основные элементы системы точного земледелия: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2016. 39 с.
- 5. Якушев В.П., Якушев В.В. Информационное обеспечение точного земледелия. СПб.: Издво ПИЯФ РАН, 2007. 382 с.

#### **REFERENCES**

- 1. Alyoshin M.A., Cherepanova E.S. Interuniversity cooperation in the field of organization and implementation of educational practices in a particular agricultural production. Geoinformation support of spatial development of the Perm region, 2017. No 10. P. 12–15 (in Russian).
- 2. *Bobkova Yu.A.*, *Lobkov V.T.* The use of precision farming technology to create agrochemical cartograms. Bulletin of Oryol State Agrarian University, 2017. No 4 (67). P. 25–31 (in Russian).
- 3. *Mikhailov S.I.* The use of remote sensing of the Earth for the purposes of high-precision farming. Earth from Space, 2012. No 14. P. 24–26 (in Russian).
- 4. *Truflyak E.V.* The basic elements of precision agriculture: Tutorial. Krasnodar: Kuban State Agrarian University, 2016. 39 p. (in Russian).
- 5. Yakushev V.P., Yakushev V.V. Information support of precision agriculture. St.-Petersburg: Publishing house of PNPI RAS, 2007. 382 p. (in Russian).

УДК: 39.308 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-413-428

А.А. Малинов<sup>1</sup>, Е.В. Давутов<sup>2</sup>, О.И. Маркова<sup>3</sup>

# ИСТОРИКО-СОЦИОЛОГИЧЕСКОЕ И АРХИТЕКТУРНО-ИСТОРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСАДЕБ ЗАМОСКВОРЕЧЬЯ В РАЙОНЕ ЦЕРКВИ ВОСКРЕСЕНИЯ ХРИСТОВА В КАДАШАХ

Москва — один из красивейших мировых центров — обязана этим преимуществом своей старине. Отнимите у Москвы старину, и она сделается одним из безобразных русских городов.

А.В. Шусев

#### **АННОТАЦИЯ**

Древние города иерархичны по социальному устройству и в процессе их развития приобретают определённую социальную структуру. На карте Москвы Замоскворечье обособлено рекой и противопоставлено центру своей архитектурной композицией и исторической социальной структурой. Центр Замоскворечья — Кадашевская слобода, составляющая основу композиционного построения всего района. Доминанта композиции — храм Воскресения Христова в Кадашах, уникальный памятник архитектуры XVII века. На территории слободы находится 401-й квартал с расположенными в нём историческими объектами. Авторы провели историко-социологическое и архитектурно-историческое исследование усадеб, расположенных в районе Воскресенского храма.

Большую часть прихода храма в XVIII — начале XX веков составляло купеческое сословие. С ликвидацией слобод социальные слои изменились. Проведён подсчёт сословного и профессионального состава жителей квартала в различные эпохи, приведены графики количественного соотношения сословий и профессий состава жителей 401-го квартала Кадашевской слободы. О росте интересов и возможностей жителей свидетельствуют данные исследования В.П. Пушкова и Л.В. Пушкова. Проанализировано распределение функционального использования зданий и участков квартала в XX—XXI веках. Некоторые дома и усадьбы сохранились до наших дней. Одна из них — палаты купца Д.Р. Оленева. Трагическая судьба постигла историческое здание «Дом дьякона» — образец главного дома городской усадьбы, переданный Воскресенскому храму «на вечное поминовение». На территории 401-го квартала находилась знаменитая колбасная фабрика Николая Григорьевича Григорьева, местночтимого святого Ярославской области. Непосредственно на территории храма находится дом купца М.П. Крупенникова, в котором сегодня расположен музей «Кадашевская слобода». В XXI веке историко-архитектурному облику квартала угрожает коммерческая застройка.

**КЛЮЧЕВЫЕ** СЛОВА: историко-социологическое исследование, архитектурноисторическое исследование, сословный состав, функциональное использование, усадьба

-

 $<sup>^{1}</sup>$  Московский Архитектурный Институт, ул. Рождественка, д. 11/4, к. 1, стр. 4, 107031, Москва, Россия, e-mail: malinovalex@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский Государственный Строительный Университет, ш. Ярославское, д. 26, 129337, Москва, Россия, *e-mail:* evgeny2012g@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, ГСП-1, 119991, Москва, Россия, *e-mail:* solntsevaolga1401@gmail.com

#### Alexander A. Malinov<sup>1</sup>, Evgeny V. Davutov<sup>2</sup>, Olga I. Markova<sup>3</sup>

# HISTORICAL-SOCIOLOGICAL AND ARCHITECTURAL-HISTORICAL RESEARCH OF THE HOMESTEADS OF ZAMOSKVORECHYE NEAR THE CHURCH OF RESURRECTION OF CHRIST IN KADASHI

Moscow – one of the most beautiful world centers – owes this advantage to its antiquity.

Take away antiquity from Moscow, and it will become
one of the ugly Russian cities.

A.V. Schusev

#### **ABSTRACT**

Ancient cities are hierarchical in the social structure and acquire a definite social structure in the process of its development. Zamoskvorechye (the area beyond the Moscow River) on the map of Moscow is separated by the river and opposed to the center with its architectural composition and historical social structure. The center of Zamoskvorechye is the Kadashevskaya Sloboda (Kadashi settlement) making the basis of compositional construction of the entire district. The dominant of composition is the Church of the Resurrection of Christ in Kadashi, a unique monument of architecture of the XVII century. On the territory of the settlement exists the 401<sup>th</sup> quarter with the historical objects located in it. The authors carried out a historical-sociological and architectural-historical study of the homesteads located in the area of the Resurrection Church.

Most of the parish of the temple in the XVIII – early XX centuries belonged to the merchant stratum. With the liquidation of settlements, social strata have changed. The authors calculated the estate and professional composition of inhabitants of the quarter in various eras, the graphs of the quantitative ratio of estates and professions of the composition of inhabitants of 401<sup>th</sup> quarter of the Kadashevskaya Sloboda are presented. The growth of interests and opportunities of the inhabitants is evidenced by the research data of V.P. Pushkov and L.V. Pushkov. The distribution of functional use of buildings and sections of the quarter in the XX–XXI centuries is analyzed. Certain houses and homesteads have survived to the present day. One of them is the house of merchant D.R. Olenev. The tragic fate befell the historical building "house of the deacon" – a sample of the main house of the city homestead, transferred to the Resurrection Church "for eternal remembrance". On the territory of the 401<sup>th</sup> quarter was the famous sausage factory of Nikolay Grigoriev, the locally revered saint of the Yaroslavl region. Directly on the territory of the temple is located the house of merchant M.P. Krupennikov, in which today exists a Museum "Kadashevskaya Sloboda". In the XXI century the commercial development threatens the historical and architectural appearance of the quarter.

**KEYWORDS:** historical-sociological research, architectural-historical research, estate composition, functional use, homestead

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Москва, как все древние города, в процессе своего развития приобретала устойчивую социальную структуру и была иерархична по своему социальному устройству. Представители царского рода, знатные бояре и патриарх представляли иерархическую

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Moscow Architectural Institute, st. Rozhdestvenka, 11/4, building 1, p. 4, 107031, Moscow, Russia, *e-mail:* malinovalex@yandex.ru

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Moscow State University of Civil Engineering, Yaroslavskoye Shosse, 26, 129337, Moscow, Russia, *e-mail:* **evgeny2012g@yandex.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Leninskiye Gory 1, GSP-1, 119991, Moscow, Russia, *e-mail:* **solntsevaolga1401@gmail.com** 

верхушку и жили в Кремле. Большая часть дворов Китай-города и Белого города принадлежала выходцам из аристократических сословий. В пределах Скородома располагались ремесленные и военные слободы, а за городской стеной – царские, боярские, патриаршие и монастырские сёла. Такая социальная структура Москвы складывалась постепенно. Наиболее устойчивое местоположение занимали дворы духовенства и церковного причта, которые размещались рядом с храмами. В конце XVII века население Москвы распределилось и по специализации. В центральной части расселились служащие правительственных учреждений и воинской аристократии. В Земляном городе, ближе к центру, располагались ремесленные слободы, а дальше – военные поселения. В системе расселения территории Кремля, Китай-города, пространства вокруг них и примыкающие кварталы Белого города составляли столичный центр, включая Государев сад и главные Замоскворецкие торги, соединённые с Красной площадью Замоскворецким мостом.

На карте Москвы XVII—XVIII веков Замоскворечье — это часть города, обособленная рекой и как бы противопоставленная центру характерным отсутствием высоких объёмов и спокойной панорамой жилой застройки, над которой доминируют слободские храмы, в основном пятиглавые с верхами, украшенными кокошниками. Несколько крупных гражданских зданий также выделяются в панораме Замоскворечья и хорошо видны с Кремлёвского холма. Это, в первую очередь, Кадашевский Братский и Кадашевский Ткацкий дворы. Центр Замоскворечья — знаменитая Кадашевская слобода, расположенная напротив Кремля, на низменном берегу Москвы-реки, за Садовническими слободами, Царицыным лугом и болотом и протянувшаяся с запада на восток от Якиманки до Перепёлкиной улицы (ныне — Большая Ордынка). Она является основой композиционного построения района Замоскворечья. Центром композиции является главный храм Кадашевской слободы — церковь Воскресения Христова, расположенная на главной композиционной и дозорной оси — от колокольни Ивана Великого до церкви Вознесения в селе Коломенском.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На территории слободы, согласно современной нумерации, находится 401-й квартал, примечательный тем, что в нём расположены различные объекты культурного наследия. Главенствующее место в слободе занимает храм Воскресения Христова — уникальный памятник русского зодчества XVII века.

В это время начинает складываться архитектурный стиль «нарышкинское барокко». «... Первоначальный облик храма — пятиглавый объём с гульбищем, к которому с трёх сторон вели широкие двухмаршевые лестницы. Этот приём, делающий храм открытым для широкого окружения, в XVII веке был характерен для загородных усадебных храмов» [Саратовская, 2007]. Последователи зодчего, создавшего эту «жемчужину Москвы» [Алфёрова, 2013], брали от него всё новое, привнесённое в русскую архитектуру, и совершенствовали архитектурные формы и строительные приёмы.

О храме Воскресения Христова в Кадашах можно говорить безконечно; существует множество публикаций и исследований на эту тему. Наша цель — исследование историкосоциологического и архитектурно-исторического развития усадеб Замоскворечья в районе Воскресенского храма. Обнаружены новые документы и сведения об отдельных представителях Кадашевской слободы, их потомках, которые и ныне живут в Москве.

Самое раннее упоминание о Кадашёво встречается в духовной грамоте великого князя Ивана III сыну Василию в 1504 году: «Да ему ж (Василию) даю ... село Воробьёво и с Володимеровским, и Семёновским, и с Воронцовым, и с Кадашёвым, ...» Это означает, что село было не простое, а дворцовое. В конце XVI века населявшие его кадочники стали

 $<sup>^1</sup>$  Собрание государственных грамот и договоров, хранящихся в государственной Коллегии иностранных дел. М., 1813. Ч. 1. № 144. С. 390

заниматься изготовлением льняного полотна, став Государевой хамовной слободой, и «в 1653 году в ней насчитывалось 372 двора» [Купцова, 2007]. Территория, примыкавшая непосредственно к Воскресенскому храму, была заселена до его постройки, но происходил процесс изменения состава жителей. Приход храма в XVIII веке составляли преимущественно купцы разных гильдий, но со временем социальные слои менялись, особенно после ликвидации слобод с ярко выраженным ремесленным назначением. Нами проведен подсчёт количественного сословного и профессионального состава жителей в различные эпохи.

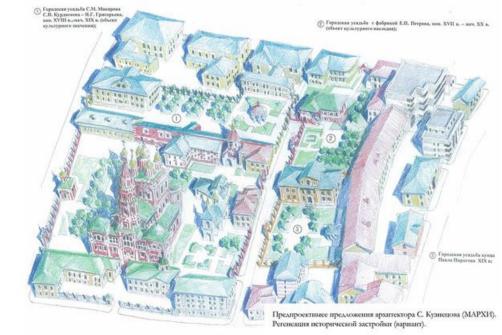


Рис. 1. Реконструкция 401-го квартала. Автор – архитектор С. Кузнецов (МАРХИ) Fig. 1. Reconstruction of the 401th quarter. Author – architect Sergey Kuznetsov (Moscow Architectural Institute)



Рис. 2. Храм Воскресения Христова в Кадашах.

Автор – архитектор С. Кузнецов (МАРХИ)

Fig. 2. Church of the Resurrection in Kadashi.

Author – architect Sergey Kuznetsov (Moscow Architectural Institute)

Табл. 1. Сословный и профессиональный состав жителей 401-го квартала, в котором расположена церковь Воскресения Христова в Кадашевской слободе Table 1. Estate and professional structure of inhabitants of 401th quarter in which the Church of the Resurrection of Christ in Kadashevskaya Sloboda is located

№ п/п	Сословие, профессия	Количество человек, проживающих в квартале, в процентном отношении к общему числу жителей квартала		
		XVIII B.	XIX B.	Начало XX в.
1	Дворяне	3		
2	Духовенство	12	20	20
3	Потомственные почётные граждане <sup>1</sup>		3	
4	Мещане <sup>2</sup>		23	20
5	Купцы	44	44	40
6	Военные	17		
7	Поручики <sup>3</sup>		1	
8	Врачи			13
9	Чиновники	12		
10	Титулярные советники4		2	
11	Коллежские асессоры5		5	
12	Тяглецы <sup>6</sup>	6		
13	Крестьяне			7
14	Дворцовые крестьяне <sup>7</sup>	3		
15	Работники церкви		1	
16	Иконописцы	3		
17	Рабочие		1	

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследований была составлена гистограмма количественного соотношения сословий и профессионального состава населения в трёх временных периодах (рис. 3), на которой наглядно показаны и обобщены данные, представленные в табл. 1. На основании их анализа можно сделать следующие выводы:

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> **Потомственный почётный гражданин**— с 1832 года титул особо привилегированных городских обывателей, принадлежавший всем нисходящим членам семьи

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> **Мещанин** — городской обыватель низшего разряда, мелкий торговец или ремесленнник

 $<sup>^3</sup>$  **Поручик** — чин младшего офицерского состава, соответствующий званию старшего лейтенанта, второй обер-офицерский чин

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> **Титулярный советник** — гражданский чин 9 класса с 1722 года; соответствовал армейскому чину капитана пехоты до 1884 года, штабс-капитана пехоты с 1884 года. С 1845 года давал право на личное дворянство

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> **Коллежский асессор** — с 1717 по 1917 годы гражданский чин, соответствовавший с 1722 года 8-му классу Табели о рангах; до 1884 года соответствовал армейскому чину майора, а после его отмены — чину капитана. До 1845 года давал потомственное дворянство, затем — только личное

 $<sup>^{6}</sup>$  **Тяглец** — крестьянин или рабочий, обложенный податью, оброком, отправляющий все повинности и владеющий участком земли

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Дворцовый крестьянин — феодально-зависимые крестьяне, принадлежавшие лично царю и членам царской фамилии, то есть царскому дворцу

- 1) в XVIII начале XX веков основную часть жителей 401-го квартала составляли купцы (40–44 %), мещане (20–23 %, появились как сословие с XIX века) и духовенство (12–20 %);
- 2) квартал в целом во все рассматриваемые периоды можно назвать преимущественно купеческим;
- 2) в начале XX века социальный состав заметно дополнился интеллигенцией (врачи 13 %) и крестьянами (7 %), из которых последние в XIX веке совсем отсутствуют, а в XVIII могут входить в сословие тяглецов;
- 3) наиболее разнообразным социальный состав квартала был в XIX веке, а самым однородным в начале XX века;
  - 4) военные играют заметную роль лишь в населении XVIII века.

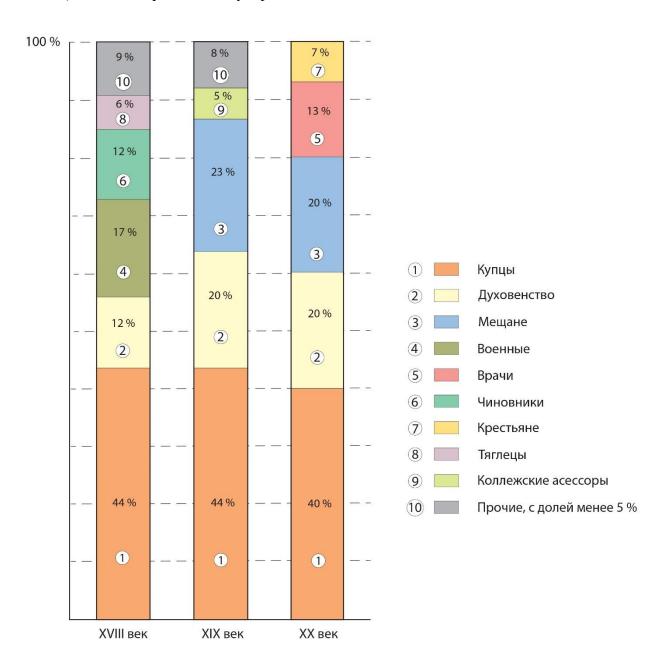


Рис. 3. Количественное соотношение сословий и профессионального состава жителей 401-го квартала Кадашевской слободы. XVIII – начало XX веков Fig. 3. The guantitative ratio of estates and professional composition of inhabitants of 401th quarter Kadashevskaya Sloboda. XVIII – beginning of XX centuries

Интересны результаты исследований В.П. Пушкова и Л.В. Пушкова о числе покупателей книжных изданий жителями Кадашевской слободы в разные периоды времени. Данные исследования свидетельствуют о росте интересов и возможностей жителей: « ... в 1636 году был зарегистрирован один-единственный «Фролка кадашевец», купивший три экземпляра Псалтыри, ... в начале 1660 года выявляется уже 19 слобожан, которыми в результате 23 посещений лавки на Никольской улице в общей сложности был приобретен 81 экземпляр четырех разных изданий» [Пушков, Пушков, 2007]. Этими же исследователями рассмотрен и состав покупателей: «Духовенство было представлено лишь двумя священнослужителями – попом Козмодемьянской церкви Михаилом и дьяконом Воскресенского храма Борисом, которые соответственно 2 октября 1662 года и 1 марта 1664 года приобрели Требник и Библию. Все же остальные покупки выпали на долю светских людей, посещавших лавку с 11 августа 1662 года по 14 июля 1664 года. За эти почти два года кадашевцы приобрели 40 Псалтырей учебных, 21 Библию, 17 Требников и 3 Евангелия толковых» [там же]. О состоятельности кадашевцев свидетельствует следующий факт: « ... абсолютное большинство всех кадашевских покупок принадлежит именно Священному Писанию, поскольку Библию покупали 15 раз из 23, или 13 человек из 19. Столь высокий интерес к этому первому московскому изданию дорогой книги, один экземпляр которой стоил 5 рублей серебром, свидетельствует, с одной стороны – о хорошем знании кадашевцами рыночной конъюнктуры, а с другой – об огромном интересе москвичей именно к этому изданию... За исключением одной покупки все приобретения этой книги были сделаны кадашевцами ...» [там же].

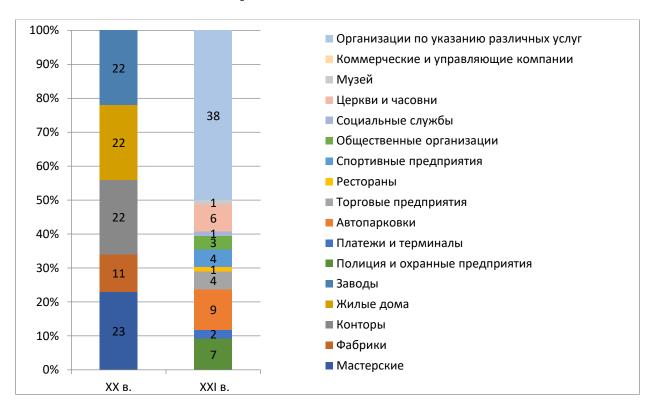


Рис. 4. Распределение функционального использования зданий и участков 401-го квартала в XX–XXI веках Fig. 4. Distribution of functional use of buildings and plots of land of 401th quarter in the XX–XXI centuries

Относительно динамики функционального значения зданий 401-го квартала за последние 100 лет можно сказать следующее. В прошедшем XX столетии в советское время здесь 22 % площади занимали жилые постройки. Остальная территория была занята

заводами (22 %), фабриками (11 %), мастерскими (23 %) и конторами (22 %); она была достаточно однородной.

Кардинально ситуация изменилась в начале нового XXI века: в квартале осталось совсем мало жилых домов, почти вся территория занята организациями по оказанию различных услуг (38 %), коммерческими и управляющими компаниями (25 %), автопарковками (9 %), полицейскими и охранными предприятиями (7 %), торговыми предприятиями, ресторанами, общественными организациями и так далее. Функции зданий квартала стали значительно более разнообразными. Радостным событием в 2004 году стало открытие, подобно второму рождению, знаменитого Воскресенского храма, закрытого в конце 1934 года. На его территории создан церковно-археологический музей «Кадашевская слобода».

Сразу же со времени открытия храма, но особенно в последние годы, активизировались и процессы освоения бывших промышленных территорий квартала под застройку для элитного жилья и коммерческих комплексов. Новостройки начали вторгаться на территорию квартала в конце 1990-х годов. Элитный 4-этажный жилищный комплекс мастерской М. Филиппова уничтожил сквозной характер исторической застройки и закрыл обзор храма с южной стороны. Были построены 3-этажные здания банка и фирмы «Билайн», стилистически чуждые архитектуре квартала [Саратовская, 2007].

Планировавшееся строительство офисно-жилого комплекса «Пять столиц» в 9 этажей с подземными гаражами (мастерские «Моспроекта») [там же], угрожавшее полным уничтожением исторического культурного ландшафта в квартале, было отклонено, однако строительство в три-четыре этажа (вместо традиционных двух) активно производится, временами вызывая территориальные споры из-за расширения придомовых земельных участков, и элитные жилищные комплексы постепенно заселяются.

Жилой квартал № 401, в центре которого располагается храм Воскресения Христова, по-прежнему сохраняет главенствующее положение в Кадашевской слободе. Многочисленные каменные дома и усадьбы, занятые, как правило, различными организациями, частично сохранились до нашего времени.

Первое упоминание о владениях квартала, ограниченного Большой Ордынкой и тремя Кадашевскими переулками, относятся к первой четверти XVIII века. Одна из слободских усадеб, расположенных в 401-ом квартале и сохранившаяся до наших дней, располагается за Воскресенским храмом и выходит восточной стороной на Большую Ордынку. Она известна как палаты купцов Оленевых (современное домовладение числится по адресу Большая Ордынка, дом 14, строение 18).

Первое упоминание об усадьбе в Переписных книгах города Москвы относится к 1738—1742 годам как собственность «двора 2-й гильдии купца Дм. Род. Оленева»<sup>1</sup>. Владение формировалось на основе усадьбы Кадашевской слободы XVII—XVIII веков. Поначалу оно представляло собой небольшие палаты с хозяйственными строениями. Сохранился главный дом этой городской усадьбы. Палаты замыкали собой проезжую часть переулка (ныне – Кадашевский тупик). До 1767 года дом был увеличен за счёт пристройки.

К середине XIX века усадебный уклад стал постепенно заменяться мелкотоварным производством; участок стал застраиваться по периметру с целью максимального использования площади. В 1875 году здание расширили, здесь разместилась экипажная фабрика со своими мастерскими, конторами и квартирами для служащих. Владельцем фабрики был купец Егор Петрович Петров<sup>2</sup>. В советское время территория усадьбы использовалась под производство мебели. Неоднократные перестройки не повлияли на первоначальную планировку строения – одноэтажного дома простейшего типа с сенями и

<sup>2</sup> ЦГИАМ, ф.179. оп. 62. д. 17872

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Кадаши, палаты Оленевых // Район Якиманка. Независимый сайт района. Электронный ресурс: http://yakimanka.info/house/15874424/weblog?id=678 (дата обращения 05.03.2019)

сомкнутыми сводами на двух этажах. В нижнем этаже имеются выразительные распалубки. В пристройке середины XVIII века также сохранился коробовый свод с распалубками в нижнем этаже. В верхнем этаже частично сохранилась планировка, свойственная рубежу XIX-XX веков, а в полуподвальном помещении последней пристройки – свод Монье. У древнего фасада сохранились карнизы из кирпича и угловые лопатки. Всё это делает здание исторически ценным. Палаты Оленевых – яркий образец исторической застройки, характерной для Замоскворечья. Сегодня здание имеет статус выявленного памятника архитектуры и является объектом культурного наследия в составе ансамбля «Городская усадьба с фабрикой Е.П. Петрова, 2-я половина XIX века – начало XX века» В 2003 году проводилось обследование палат купцов Оленевых. Экспертиза показала, что внешняя кирпичная кладка и перекрытия находились в неудовлетворительном состоянии. Здание было доведено до аварийного состояния, часть крыши обрушилась.

В 2010 году объект культурного наследия – палаты купцов Оленевых – был повторно обследован с целью установления текущего состояния и определения объёма противоаварийных работ. Экспертами определено состояние фундамента, деревянных элементов конструкций, прочность кладки изнутри и снаружи здания. Владельцу было выдано предписание Москомнаследия о проведении противоаварийных работ. Все реставрационно-строительным необходимые работы проведены концерном «Возрождение» (проведение обследований – НИИ «Мосстрой»). В настоящее время палаты купцов Оленевых отреставрированы.

Трагическая участь постигла другое историческое здание, называемое «Дом дьякона», местоположение которого отображено на историческом плане 401-го квартала (рис. 5).

Первое упоминание об участке, на котором располагалось это изначально частное владение, встречается в 1738-1742 годах. Два небольших владения принадлежали «Кожевницкой полусотни тяглецу Борису Герасимову» и «дворцовых волостей управителю Федору Щитирову»<sup>2</sup>. В конце XVIII века участок объединили, и владельцем его стал купец 3-ей гильдии Герасим Федорович Верёвкин, а к 1790 году это была уже небольшая купеческая усадьба, имеющая границы владения: два деревянных жилых дома с хозяйственными постройками в глубине двора и садом в южной части<sup>3</sup>. В период с 1802 по 1820 годы усадьба принадлежала купцу 1-ой гильдии Ивану Якимовичу Якимову, пожалованному бронзовой медалью на ленте Святой Анны за пожертвование 5000 рублей на нужды войны 1812 года [Сторожев, 1914]. В этот же период был построен двухэтажный дом с мезонином и пристройкой В 1840–1850-е годы владение принадлежало купчихе 3ей гильдии Кошельной слободы Елизавете Ильиничне Рябчевской и сдавалось внаём, а в 1892 году перешло в собственность храма Воскресения Христова в Кадашах по духовному завещанию купца Павла Борисовича Пирогова указом Московской Духовной Консистории № 9199 от 31 августа 1892 года<sup>6</sup>. Далее дом был сдан в аренду на 10 лет почётной потомственной гражданке Елизавете Калашниковой разрешением епархии, и с 1893 года владение перестало быть частным жилым домом, было перестроено под небольшие квартиры и приобрело статус доходного.

С 1901 года участок значился как «земля церковного старосты церкви Воскресения Христова, почётного гражданина Петра Михайловича Калашникова» [Лазарева, 2008] выходца из старинного купеческого рода, купца 2-ой гильдии, потомственного почётного

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Объекты культурного наследия // Портал открытых данных Правительства Москвы. Электронный ресурс: https://data.mos.ru/opendata/7702155262-obekty-kulturnogo-naslediya-i-vyyavlennye-obekty-kulturnogo-naslediya/ row/2960669 (дата обращения 05.03.2019)

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Переписные книги города Москвы 1738–1742 годов. Т. 2. М., 1881. Стб. 51–52

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> ЦГИАМ, ф. 105, оп. 1, д. 892, 1793 г.; ф. 46, оп. 8, д. 4862, 1798 г.; ф. 171, оп. 1, д. 1806, 1802 гг.

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> ЦАНТДМ, ф. 1, оп. 17, Якиманская часть, ед. хр. 70 (256/164), д. 1

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> ЦИАМ, ф. 14, оп. 6, д. 511

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> ЦИАМ, ф. 2121, оп. 1, д. 99, л. 325 об.

гражданина и кавалера, члена-учредителя и члена-попечителя различных благотворительных обществ, гласного Московской Городской Думы, директора правления по перестройке Верхних торговых рядов, выборного московского купечества, а с 1891 года — церковного старосты Воскресенского храма в Кадашах. На Ильинке, под фирмою «М.П. Калашников и Сын», он торговал швейцарскими часами. Фирма также выпускала на отечественных мануфактурах настенные часы под своей маркой, оснащая их либо русскими, либо швейцарскими механизмами, и просуществовала до 1917 года.

# ИСТОРИЧЕСКИЙ ПЛАН НА НАЧАЛО ХХВЕКА

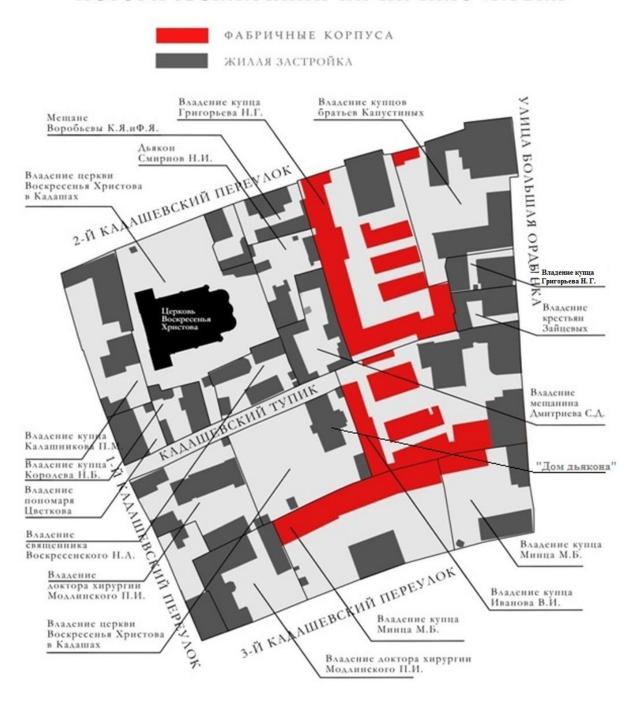


Рис. 5. Исторический план 401-го квартала на начало XX века Fig. 5. Historical plan of the 401th quarter at the beginning of the XX century

«Дом дьякона» – это образец главного дома городской усадьбы. С марта 1990 года он «якобы» взят под государственную охрану и включён в дополнительный список памятников архитектуры в качестве элемента исторической застройки, входящей в охранную зону храма Воскресения Христова в Кадашах<sup>1</sup>. В 1892 году он был передан купцом Павлом Пироговым по завещанию Воскресенскому храму «на вечное поминовение». В доме проживала семья благочестивого дьякона, впоследствии иерея Василия Богословского, который был главным пользователем дома<sup>2</sup>, и в память о котором, собственно, и был назван архитектурный памятник (рис. 6).

В 1918 году усадьба «Дом дьякона» вместе с другой церковной собственностью были конфискованы Советской властью. В 1992 году на 100-летие принятия «Дома дьякона» «на вечное поминовение» было объявлено о возвращении церковной собственности. Но впоследствии никакая недвижимость, в том числе и «Дом дьякона», храму возвращены не были несмотря на то, что Патриарх Алексий II лично обращался к мэру Москвы с просьбой о возвращении храму его недвижимости. Никакого ответа от мэра не поступило, территория передана частным лицам. В 2009 году памятник «Дом дьякона» был разрушен; на его месте проводились археологические раскопки, в результате которых был найден клад монет времён Медного бунта. На отторгнутой церковной земле проведено незаконное строительство, в результате которого построены и функционируют элитные коттеджи.



Рис. 6. Разрушенный архитектурный памятник «Дом дьякона» Fig. 6. Ruined architectural monument «Deacon's house»

Нравственный территориальный конфликт в данном случае состоит в том, что приход храма не имеет канонического права отказаться от этой собственности, так как она была не

альбом 7, Кадашевский тупик, д. 3, стр. 1–10, лл. 4, 16

<sup>1</sup> Москомнаследие, отдел документальных фондов, Историко-архитектурное обследование квартала № 401,

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Протоиерей Александр Салтыков. О незаконном уничтожении «дома дьякона» // Храм Воскресения Христова в Кадашах. Электронный ресурс: http://www.kadashi.ru/item/931-o-nezakonnom-unichtozhenii-domdyakona.html (дата обращения 07.03.2019)

подарена храму, а передана «на вечное поминовение», а это вечная и священная обязанность церкви и совершается не только в храме, а распространяется на всю территорию. Для прихода храма отказ от завещанной территории равен отказу от сакрального статуса этого участка земли (протоиерей Александр Салтыков, www.kadashi.ru). Кроме того, фактически состоявшееся использование данного земельного участка противоречит состоявшемуся ранее включению «Дома дьякона» в список подлежащих охране памятников архитектуры.

401-й квартал известен ещё и тем, что там находилась знаменитая колбасная фабрика Николая Григорьевича Григорьева, местночтимого святого Ярославской области. Он происходил из крестьянской семьи. В 16 лет приехал в Москву и занялся разносом пирожков в Охотном ряду. Со временем он стал помощником своего хозяина в лавке. Все деньги от своей деятельности он откладывал и однажды на вырученные деньги купил заброшенный завод. Отремонтировал и переоборудовал его в колбасную фабрику. Со временем его колбасные изделия начали продаваться не только по России, но и по Европе. На фабрике работало в общей сложности более 300 человек. Ежегодно вырабатывалось более 100 000 пудов различных колбас и до 200 000 штук свиных окороков. Прейскурант товаров имел широчайший ассортимент. Кроме 11 сортов колбас, на фабрике производились такие деликатесы, как ветчина копчёная, варёная, рулетная, языки фаршированные, копчёные, сосиски венские, варёные, русские, а также фаршированные гуси, утки, индейки, каплуны, пулярки и поросята. Но наступил 1917 год, и новая власть национализировала фабрику. Семью Григорьева отправили в ссылку. Сам Николай Григорьевич был направлен обратно на родину в Ярославскую область, где жителям деревни под страхом смерти было запрещено ему помогать. Он умер голодной смертью. Его тело было найдено в поле.

В настоящее время территория бывшей колбасной фабрики также застраивается.

Непосредственно на территории храма Воскресения Христова находился ещё один дом (объект культурного наследия, рис. 7), в котором сегодня расположен музей «Кадашевская слобода». Дом в советское время утратил свой первоначальный облик, и в настоящее время лишён деревянного второго этажа.

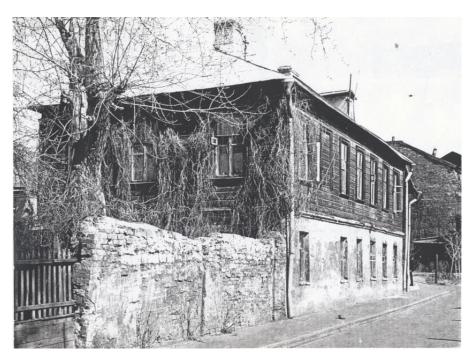


Рис. 7. Дом, в котором жила семья купца М. П. Крупенникова Fig. 7. The house in which lived a family of merchant M. P. Krupennikova



Рис. 8. Купец М.П. Крупенников с семьёй Fig. 8. Merchant M.P. Krupennikov with family



Рис. 9. 401 квартал в настоящее время. Фото О.И. Марковой:

а) храм Воскресения Христова в Кадашах;

б) застроенный участок на месте «Дома дьякона», исторической территории храма и фабричных корпусов; в) участок, застраиваемый с захватом части церковной территории

#### Fig. 9.401 quarter currently. Photo by O.I. Markova:

a) the temple of the Resurrection of Christ in Kadashi;

b) a built-up site on the site of the "Deacon's house", the historical territory of the temple and factory buildings; c) a plot built up with the seizure of a part of the church territory

До революции этот дом принадлежал купцу Крупенникову. Потомки этого купеческого рода в настоящее время живут в Москве. Они любезно предоставили нам ряд семейных фотографий, а праправнучка купца М.П. Крупенникова Ольга Георгиевна согласилась дать интервью, в котором рассказала о том, как её предок Михаил Павлович, купец второй гильдии, приехал в Москву из Твери, торговал галантерейным товаром в Зарядье, имел 12 человек детей (рис. 8). Семья купца Крупенникова участвовала во многих великих событиях истории России, в том числе в Первой мировой и Великой Отечественной войнах. Одна из представительниц этого рода, матушка Иннокентия Попова, в настоящее время является игуменией Серафимо-Знаменского скита на юге Подмосковья, который она получила в 1999 году и восстановила практически из руин.

В настоящее время территория 401-го квартала в значительной степени застроена и продолжает застраиваться (теперь уже со стороны 2-го Кадашевского переулка) под элитное жильё, причём тенденция к захвату церковной земли неизменно сохраняется (рис. 9). Правда, справедливости ради надо сказать, что современная застройка стилизована под старину с целью «вписывания» в историческую обстановку, хотя этажность современных зданий выше исторической и стилизованные здания не представляют собой копию старинных.

#### выводы

В Замоскворечье, как и в других исторических районах Москвы, существует огромная опасность утраты старины и самобытности, возникшая с индустриализацией методов строительства, которая привела к сносу старых кварталов и уничтожению зелёных массивов. Современные строительные корпорации продолжают уничтожение старой Москвы, стремясь получить огромные прибыли. «Став мировым мегаполисом, одним из крупнейших в мире градостроительных проектов, Москва стремительно и непрерывно растёт, очень часто теряя свое историческое культурное наследие...» [Стригин и др., 2016]; «...то там, то здесь в исторической части города исчезают памятники, вроде бы случайно, вроде бы невзначай, но, тем не менее, исчезает маленький кусочек нашей истории» [Святенко, 2007]. Москва, являясь уникальной составляющей национальной культуры, представляет огромную историческую ценность, но «у широких кругов общественности понимание ценности исторического наследия почти отсутствует, и почти никто не замечает, как происходит подмена подлинной, православной, художественной Москвы...» [Салтыков, 2014].

В последние десятилетия сформировалась как научное направление теория культурного ландшафта, под которым понимается «культура местного сообщества, сформировавшаяся как результат его жизнедеятельности в определенных природных условиях» [Калуцков, 1998]. «Целостность культурного ландшафта определяют его системообразующие структуры: местное сообщество, его языковая, включая топонимию, система, духовная культура, местное хозяйство, селенческая система и природный ландшафт. Традиции местного сообщества и административно-территориальное деление являются ведущими факторами организации культурного ландшафта. Культурный ландшафт закреплен в традиционной народной культуре, языке и художественных образах» [там же]. Рассмотрение проблем образов исторических районов перспективно с позиции теории культурного ландшафта.

Для того, чтобы 401-й квартал занял достойное место в Замоскворечье, необходимо:

- 1) продолжить сохранение малоэтажной застройки, подчёркивая этим доминирующую роль Воскресенского храма;
- 2) сохранять оставшиеся исторические здания, придавая им обновлённое функциональное назначение;
- 3) учреждения, расположенные в квартале, переориентировать на культурнопросветительскую деятельность;

- 4) любые строительные проекты разрабатывать с учётом художественной организованности контраста старого и нового;
- 5) учитывать социально-нравственные запреты, исключая соседство памятников национальной культуры с объектами, несовместимыми с последней.

Территорию 401-го квартала Замоскворечья прежде всего следует рассматривать как культурный ландшафт, организованный в духовных традициях православной культуры. «Такие ландшафты имеют ярко выраженные в пространстве центры — здания храмов и колоколен, как правило, доминирующие над прочими компонентами ландшафта» [Котова, 2007]. В данный момент Кадашевский храм сохраняет своё доминирующее положение, хотя постоянно возникают проблемы застройки окружающих территорий, и, конечно, храм уже не так заметен с разных точек квартала, как это было в прошлом.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность архитектору-градостроителю, члену Федерального научно-методического совета по культурному наследию Минкультуры РФ И.В. Матюшиной и церковно-археологическому музею «Кадашевская слобода» за предоставленные историко-архивные материалы.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors are grateful to the architect and town planner, a member of the Federal Scientific and Methodological Council on Cultural Heritage of the Ministry of Culture of the Russian Federation I.V. Matyushina and the Church and Archaeological Museum "Kadashevskaya Sloboda" for providing the historical and archival materials.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Алфёрова Г.В. Жемчужина Москвы. Памятник русского зодчества в Кадашах. История его реставрации. М.: МБА, 2013. 192 с.
- 2. Калуцков В.Н. Этнокультурное ландшафтоведение и концепция культурного ландшафта. Культурный ландшафт: вопросы теории и методологии исследований. Семинар «Культурный ландшафт»: второй тематический выпуск докладов. М.—Смоленск: СГУ, 1998. С. 6–13.
- 3. *Котова О.И.* Владение храма Воскресения Христова в Кадашах как элемент культурного ландшафта Замоскворечья. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. І. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2007. С. 27–43.
- 4. *Купцова Е.В.* К истории формирования владения церкви Воскресения Христова, что в Кадашах (XVIII–XIX веков). Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. І. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2007. С. 103–106.
- 5. *Лазарева А.В.* В защиту «дома дьякона» храма Воскресения Христова в Кадашах. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. ІІ. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2007. С. 161–164.
- 6. Пушков В.П., Пушков Л.В. Книжные покупки кадашёвцев в лавке Печатного двора на Никольской улице в XVII веке по Архиву Приказа книгопечатного дела. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. III. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2008. С. 197–201.
- 7. Салтыков А.А. Вступление. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. XV. М.: Луг духовный, Общество сохранения литературного наследия (ОСЛН), Издательство ОРПК «Кадашевская слобода», 2014. С. 3.
- 8. *Саратовская Е.П.* Краткий обзор работ архитекторов на территории 401-го квартала Кадашевской слободы. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. І. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2007. С. 47–70.

- 9. *Святенко И.Ю.* Вступительное слово. Кадашевские чтения. Сборник докладов конференции. Вып. І. М.: ОРПК, Музей «Кадашевская слобода», 2007. С. 9–10.
- 10. Сторожев В.Н. Война и московское купечество: Исторический этюд. Истории Моск. купеч. общества. Москва: Типография т-ва Рябушинских, 1914. 128 с.
- 11. *Стригин Б.С.*, *Давутов Е.В.*, *Куприянова Н.В.* Реставрация объектов культурного наследия религиозного назначения: коммерческий интерес или духовное наследие? Известия Казанского государственного Архитектурно-строительного университета. № 1 (35). Казань: КГСАУ, 2016. С. 42–49.

#### REFERENCES

- 1. *Alfyorova G.V.* The pearl of Moscow. Monument of Russian architecture in Kadashi. The history of his restoration. Moscow: MBA, 2013. 192 p.
- 2. *Kalutskov V.N.* Ethnocultural landscape studies and the concept of cultural landscape. Cultural landscape: questions of theory and methodology of research. Seminar "Cultural landscape": the second thematic issue of reports. Moscow–Smolensk: Smolensk University of the Humanities, 1998. P. 6–13.
- 3. *Kotova O.I.* Possession of the Church of the Resurrection of Christ in Kadashi as an element of the cultural landscape of Zamoskvorechye. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. I. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2007. P. 27–43.
- 4. *Kuptsova E.V.* To the history of formation of the possessions of the Church of the Resurrection in Kadashi (XVIII–XIX centuries). Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. I. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2007. P. 103–106.
- 5. *Lazareva A.V.* In defense of the "Deacon's house" of the Church of the Resurrection in Kadashi. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. II. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2007. P. 161–164.
- 6. *Pushkov V.P.*, *Pushkov L.V.* Book purchases of Kadashevites in the Printing House shop on Nikolskaya street in the XVII century according to the Archive of the Printing Order. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. III. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2008. P. 197–201.
- 7. *Saltykov A.A.* Introduction. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. XV. Moscow: Spiritual meadow, Society for the Preservation of Literary Heritage (SPLH), Publishing House of SZOC "Kadashevskaya Sloboda", 2014. P. 3.
- 8. *Saratovskaya E.P.* A brief overview of the work of architects on the territory of the 401<sup>st</sup> quarter of Kadashevskaya Sloboda. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. I. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2007. P. 47–70.
- 9. *Storozhev V.N.* War and the Moscow merchants: a historical study. Stories of Moscow Merchant Society. Moscow: Printing house of the Ryabushinsky partnership, 1914. 128 p.
- 10. Strigin B.S., Davutov E.V., Kupriyanova N.V. Restoration of objects of cultural heritage religious setting: commercial interest or spiritual heritage? News of Kazan State University of Architecture and Construction, 2016. № 1 (35). P. 42–49.
- 11. *Svyatenko I.Yu*. Opening remarks. Kadashi Readings. Collection of papers of the conference. V. I. Moscow: Society of Zealots of the Orthodox Culture, Museum "Kadashevskaya Sloboda", 2007. P. 9–10.

УДК: 911.375.62 DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-429-436

#### А.А. Медведков<sup>1</sup>, А.Д. Никанорова<sup>2</sup>, Н.В. Шабалина<sup>3</sup>

# ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ ГОРОДА КИРОВСКА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В УСЛОВИЯХ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННОГО ОСВОЕНИЯ ЕГО ТЕРРИТОРИИ

#### **АННОТАЦИЯ**

Город Кировск, расположенный у подножья Хибинского горного массива в Мурманской области, является промышленным центром, а также перспективным районом развития туристской индустрии. В статье на примере города Кировска рассмотрена проблема функционального зонирования городской территории при её интенсивном туристско-рекреационном освоении. На основе комплексной оценки территории, анализа космических снимков и генерального плана составлена карта функционального зонирования города Кировска и подведомственных ему территорий.

Раскрыто и детализировано содержание существующих и проектируемых планировочных зон: всего выделено 10 категорий земель, используемых для размещения селитебных, общественно-деловых, туристско-рекреационных, спортивных, промышленных, сельскохозяйственных и других объектов, а также зелёных парковых и защитных насаждений.

Выявлены существующие пространственно-функциональные конфликты между промышленными, коммунальными территориями и потенциальными рекреационными горнолыжными территориями; даны рекомендации по предотвращению сложившихся противоречий.

Проанализированы экологические риски развития городской среды; представлен перечень природоохранных мероприятий для выделенных функциональных зон. С учётом выявленных природных и природно-антропогенных процессов проведено ранжирование территорий на благоприятные и относительно благоприятные зоны туристскорекреационного и спортивно-рекреационного освоения.

Сделаны выводы о необходимости адаптации пространственной структуры города к его новой роли туристско-рекреационного и горнолыжного центра. Определены основные факторы, которые должны быть предусмотрены при дальнейшем развитии городской территории. Они включают мероприятия по комплексному проектированию городской среды с учётом озеленения, рекультивации промышленных территорий, непосредственно примыкающих к туристско-рекреационным и общественно-деловым зонам центра города, а также особенностей городского ландшафта и неблагоприятных природных и природно-антропогенных явлений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** городское функциональное зонирование, туристскорекреационные зоны, городское землепользование

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, *e-mail:* **a-medvedkov@bk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, *e-mail:* **Alexandra.nikanorova@gmail.com** 

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, 119991, Москва, Ленинские горы, д.1, *e-mail:* natshab@yandex.ru

#### Alexey A. Medvedkov<sup>1</sup>, Alexandra D. Nikanorova<sup>2</sup>, Natalia V. Shabalina<sup>3</sup>

# FUNCTIONAL ZONING OF KIROVSK TOWN (THE MURMANSK REGION) IN CONDITIONS OF TOURIST AND RECREATIONAL DEVELOPMENT OF ITS TERRITORY

#### **ABSTRACT**

Kirovsk town, located near Hibiny Mountain in the Murmansk region, is known as the industrial center as well as the favorable area for tourism industry development. On the example of Kirovsk town we examined the problem of functional urban zoning of the territory with intensive tourism and recreational development. Based on an integrated assessment of the territory, analysis of space images and the general scheme of the city development we created the map of functional planning of Kirovsk town and territories of its jurisdiction.

The content of existing and projected planning zones was disclosed and detailed. In total 10 categories of urban landuse are identified: residential, public, tourist and recreational, sport, industrial, agricultural lands, parks and forest plantations, etc.

Current spatial-functional conflicts between the zones used for public utilities, industrial facilities and the zones of potential tourism and recreational (mountain skiing) development are defined as well as the recommendations for its mitigations are proposed.

The ecological risks of urban development are analyzed, and the list of environment protection actions is proposed for the functional zones of Kirovsk town. The territories were ranked by favorable and relatively favorable zones of tourist-recreational and sports-recreational development taking into account the identified natural and natural-anthropogenic processes.

The conclusion of necessity to adjust the territorial city structure to its new role of tourism, recreational and ski center is made. The general factors, which should be considered in process of urban development, are identified. They include the comprehensive design of city environment considering the greening, the recultivation of industrial plots, located close to tourism and recreational, public zones of the city center, and the features of urban landscape and revealed risks of natural and natural-anthropogenic processes.

**KEYWORDS:** urban functional zoning, tourism and recreational zones, urban landuse

### **ВВЕДЕНИЕ**

•

Территория муниципального образования (МО) город Кировск с подведомственной территорией преимущественно расположена в пределах низменности, примыкающей к озеру Большой Вудъявр, и склоновых поверхностей окружающей её горных хребтов югозападной части Хибинского горного массива. В зонально-ландшафтном отношении это северная тайга (в пределах Вудъяврской низменности), тогда как на горных склонах развитие получила высотная поясность, представленная лесотундрой, горной моховолишайниковой и каменистой тундрами и отдельными фрагментами нивальных ландшафтов Данные комплексы характеризуются низким форме снежников. природные учитываются биоклиматическим потенциалом, которого критерии, оценке представляющие определённую значимость для развития туристско-рекреационной деятельности (степень теплового дискомфорта, изменчивость погодных условий, продолжительность периодов с дождями, пасмурным небом, различной скоростью ветра,

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 119991 Moscow, Leninskie Gory, 1, *e-mail:* **a-medvedkov@bk.ru** 

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, 119991 Leninskie Gory, 1, *e-mail:* Alexandra.nikanorova@gmail.com

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, 119991 Leninskie Gory, 1, *e-mail:* natshab@yandex.ru

метелями, туманами, качество питьевой воды, устойчивость геосистем к антропогенным воздействиям, экстремальные природные явления и другие).

В геоморфологическом отношении город имеет ступенчатую структуру. В южной части города Кировска на Вудьяврскую низменность наложена полого-холмистая конечноморенная гряда протяжённостью более 2,5 км и шириной до 2,0 км. Данная структура характеризуется наличием терассовидных поверхностей, что, собственно, и придаёт основной части города определённую ступенчатость. Северо-восточная часть города пределах озёрной террасы, инженерно-геологические располагается гидрогеологические которой отличаются моренной особенности OT И характеризуются менее благоприятными условиями (более высокий уровень грунтовых вод, отсюда возможность подтопления зданий и сооружений и так далее).

В связи с новыми планами по туристско-рекреационному освоению представляется важным провести функциональное зонирование территории муниципального образования. Цель функционального зонирования – разделение городской территории МО Кировск на зоны, имеющие разное приоритетное значение по выполняемым функциям для дифференцированного регулирования туристских потоков в её пределах.

Необходимость создания функционального зонирования объясняется как разнообразием природно-хозяйственных условий в черте города, так и необходимостью сочетания и выполнения нередко противоречивых задач с разными управленческими решениями.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

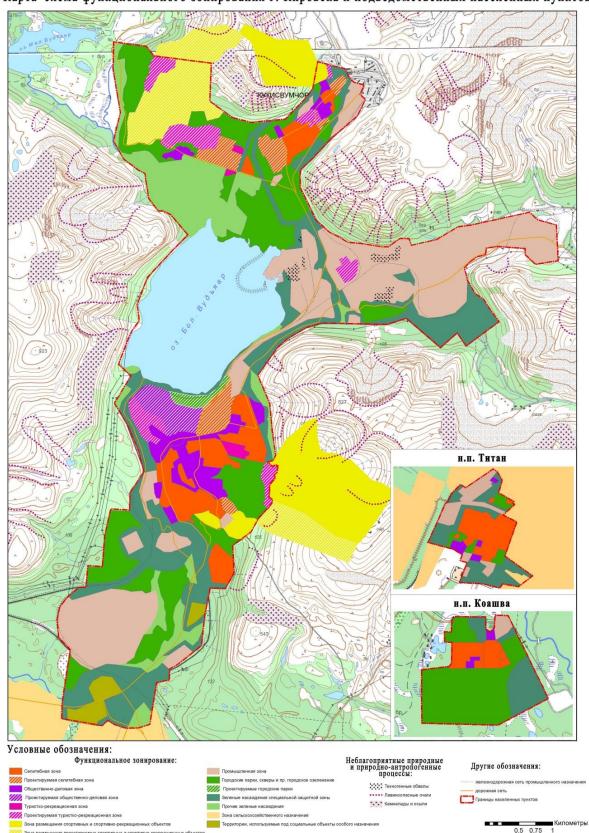
На основе анализа космоснимков, генерального плана муниципального образования город Кировск с подведомственной территорией, проведённых экспертных оценок была составлена карта функционального зонирования исследуемого объекта. Проведённое зонирование основывалось также на комплексной оценке территории, которая учитывает современное состояние городской среды и тенденции её изменения [Фёдорова, 2015]. В дальнейшем предполагается сохранение территориальной структуры расселения города с некоторой реконструкцией его центральной части и со строительством необходимой социальной, туристско-рекреационной и инженерной инфраструктур [Жигунова, 2015].

# РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ Функциональные зоны на городской территории

На карте функционального зонирования МО город Кировск (рис. 1) границы выделенных зон максимально соответствуют контурам городского землепользования и территориального управления. Функциональное зонирование раскрывает и детализирует содержание планировочных зон, выделенных на схеме генерального плана. Границы выделенных зон проходят по хорошо выраженным на местности объектам и линейным ориентирам.

На карте функционального зонирования выделено два типа зон: существующие и проектируемые. Проектируемые зоны, с учётом планируемых перспектив по развитию города, имеют преимущественно туристско-рекреационную направленность.

Существующая туристско-рекреационная зона, представленная преимущественно объектами общественного питания и размещения туристов, приурочена к центральной части города, расположенной к югу от озера Большой Вудъявр. В этой части города располагаются активные автомагистрали, однако уровень шумовой нагрузки крайне редко превышает допустимые значения. В дальнейшем планируется расширить туристско-рекреационную зону как в центре города, так и за его пределами (предполагается появление туристско-рекреационных объектов в микрорайоне Кукисвумчорр, в районе нового освоения на северо-западе Кировска и к югу от горы Юкспор, где в настоящее время широко представлена промышленная зона).



Карта-схема функционального зонирования г. Кировска и подведомственных населенных пунктов

Рис.1. Карта функционального зонирования города Кировска и подведомственных территорий (составлена по данным на 2016 год) Fig.1. The map of functional planning of Kirovsk town and territories of its jurisdiction (compiled according to data for 2016)

Зона размещения спортивных и спортивно-рекреационных объектов в настоящее время приурочена к территориям, которые располагаются за пределами городской черты. Территориально это склоны гор Айкуайвенчорр и Кукисвумчорр. В дальнейшем планируется расширить спортивно-рекреационную зону за счёт дополнительного освоения склонов вышеуказанных вершин и равнинной территории пионерного освоения на северозападе города, расположенной в бассейне реки Вудьяврйок (Кукисйок).

Существующие сегодня общественно-деловая и селитебная зоны приурочены к центральной части города, а второй их крупный ареал расположен в районе Кукисвумчорра. Планируется расширение территорий данной функциональной значимости за счёт территории микрорайона Кукисвумчорр и равнины Вудьяврйок (Кукисйок).

## Функциональные конфликты в городском пространстве

По результатам анализа составленной карты (рис. 1) следует говорить о пространственно-функциональном конфликте, который существует сегодня между промышленными, коммунальными и потенциально рекреационными территориями (прежде всего горнолыжными зонами). Промышленные территории преграждают доступ к традиционно сложившимся горнолыжным зонам. Также промышленные зоны и частные гаражи заняли самые перспективные места в направлении пространственного развития города и его связей с горнолыжными зонами. Для организации полноценного горнолыжного курорта требуется реорганизация городской территории с учётом требований туристско-рекреационной инфраструктуры [Hudson, Hudson, 2016]. Для преодоления сложившегося противоречия между промышленными территориями и горнолыжными зонами требуется повышение качества среды территорий, которое может быть достигнуто следующими мероприятиями:

- реорганизацией промышленно-складских и коммунальных зон (в том числе занимаемых частными гаражами), расположенных сейчас в непосредственной близости к базовым станциям подъёмников горнолыжных зон BigWood и на восточном склоне горы Кукисвумчорр;
- переводом промпредприятий, отделяющих горнолыжные зоны от города, на территорию промышленной зоны АНОФ-3, расположенную за чертой сложившегося компактного ядра Кировска к востоку от посёлка Титан;
- перемещением промпредприятий района Юкспорр, приближенных к Хибиногорскому женскому монастырю, также в промышленную зону АНОФ-3.

#### Природоохранные мероприятия как элемент городского управления

Основные мероприятия по охране окружающей среды в черте города связаны с местами хранения автомобильного транспорта, выводом магистрального транзитного автомобильного движения за пределы жилой зоны или обеспечением необходимых санитарных отступов от нормируемой застройки. Кроме того, необходимы локальные мероприятия по благоустройству территории: укрепление грунта на открытых участках, обустройство мест хранения автомобилей, соблюдение санитарных разрывов до нормируемых объектов в новой застройке. Ввиду создания центра массового нахождения туристов на территории города, а значит, значительным увеличением образуемых отходов, целесообразно рассмотреть возможность организации раздельного сбора мусора с последующим заключением договоров со специализированными организациями на вывоз и переработку данных отходов.

В зонах размещения объектов спортивно-туристского кластера природоохранные мероприятия должны быть связаны с контролем рекреационной нагрузки на природные экосистемы, организацией отвода сточных вод, в том числе ливневых стоков, недопущением развития эрозионных процессов на склонах, террасированием склонов с целью их укрепления вблизи размещения основных объектов горнолыжных комплексов. Представляется, что для оценки уязвимости ландшафтных комплексов к антропогенной

нагрузке применительно к условиям хрупкой северной природы должны служить следующие признаки: инженерно-геологические свойства поверхностных отложений и их мощность, тип экзогенной моделировки и характер растительности [Медведков, 2014]. Это позволит выявить именно те ландшафтные комплексы, которые требуют повышенных мер по их охране. Наименее устойчивые к рекреационной нагрузке ландшафты следует специально обустраивать и нормировать оказываемое на них антропогенное воздействие.

Парки и скверы играют большую роль в сохранении условно природных территорий в городской ткани. Однако в случае Кировска ввиду особенностей климата территории и малого периода вегетации ассортимент древесных и кустарниковых растений на территории города ограничен. К тому же большую часть года территория города покрыта снегом, деревья стоят без листьев и не выполняют своей эколого-рекреационной функции. В связи с этим необходимо благоустройство данных участков и их зонирование по принципу разных видов активности (детские площадки, спортплощадки, прогулочные зоны и так далее).

## Ранжирование туристско-рекреационных территорий по особенностям природно-экологических условий

По степени потенциального воздействия неблагоприятных природных и природноантропогенных процессов на существующие и перспективные территории рекреационного значения их в целом можно разделить на две основные категории:

- *благоприятные*: зона размещения спортивных и спортивно-рекреационных объектов на склонах горы Айкуайвенчорр (минимальный риск пылевого загрязнения, относительно высокая эстетическая привлекательность, невысокая степень вероятности развития неблагоприятных гравитационных процессов: обвалов, осыпей, камнепадов);
- относительно благоприятные: зона размещения спортивных и спортивнорекреационных объектов на склонах горы Кукисвумчорр (пылевое загрязнение от взрывных работ, снижение эстетической привлекательности от заброшенных зданий и техногенных объектов и прочее). В пределах проектируемой на северо-западе города зоны размещения спортивных и спортивно-рекреационных объектов возможно развитие камнепадов и осыпей от проводимых взрывных работ. Особого внимания требует освоение равнины, примыкающей к долине реки Вудъяврйок (Кукисйок). В этой части нового освоения в будущем весьма значителен риск наводнений, которые будут вызваны сведением естественной растительности, выполняющей водорегулирующую функцию. Повидимому, это и приведет к увеличению доли поверхностного стока, что, собственно, и увеличит риск наводнений и подтоплений.

Объектами и территориями, требующими мониторинга и проведения специальных мероприятий по защите от опасных экзодинамических процессов, являются:

- 1. Город Кировск:
- отдельные участки жилой застройки в посёлках Кукисвумчорр и Юкспорйок (горы Кукисвумчорр и Юкспор);
- промышленная зона у подножия северного склона гора Айкуайвенчорр, а также жилая застройка по улицам Олимпийской и Солнечной;
- проектируемая жилая застройка по улице Олимпийской;
- железнодорожная ветка на участке Юкспорйок Нефелин.
- 2. Проектируемые горнолыжные комплексы:
- гора Ловчорр;
- гора Айкуайвенчорр (западный и южный склон);
- гора Вудъяврчорр;
- гора Кукисвумчорр (западный склон).
- 3. Территория рудников: Апатитового, Юкспорского и Ловчорритового.

Выбор конкретного типа сооружений определяется на основании специальных исследований, анализа мониторинговых наблюдений на лавиносборах, прогноза мест схода и параметров лавин, оценки экономической эффективности защитных сооружений.

#### выводы

Пространственная структура города требует адаптации к новой роли крупного спортивно-туристского центра [Яковлева, 2011]. Один из наиболее ярких примеров, требующих разрешения ситуации — береговая зона озера Большой Вудъявр. В настоящее время с учётом имеющихся перспектив требуется реабилитация береговой зоны городского озера. Реабилитация должна быть представлена в форме организационного доступа в его прибрежную зону, расчистки заброшенных участков вблизи озера, рекультивацией территории АНОФ-1 и котельной. Рассматривать территорию береговой зоны озера как часть полноценной общественной зоны представляется нецелесообразным ввиду наличия неблагоприятных метеорологических явлений (сильные ветра на открытом пространстве); кроме того, озеро покрыто льдом большую часть года и отделено от города автомобильной дорогой и железнодорожными путями (грузовое движение).

При организации зон нового туристско-рекреационного освоения предлагается использовать принцип максимального сохранения «зелёного каркаса», а в районах с разной степенью влияния пылевого загрязнения (на юге и северо-западе города) рекомендуется создавать и расширять живой барьер из интродуцированных газопылеустойчивых древесных пород.

Представляется, что основными направлениями реновации городского пространства в новых условиях должны стать:

- высококачественное комплексное проектирование городской среды, включая благоустройство, озеленение, освещение, ревизию состояния зданий и сооружений, реконструкцию улично-дорожной сети и общественных пространств;
- концептуально-обоснованный выбор элементов городского ландшафта (их эксплуатационных, эколого-рекреационные и визуальных характеристик) с учётом его функциональной значимости.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-05-60088.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, № 18-05-60088.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Жигунова Г.В. Туристический потенциал городов Крайнего Севера. Современные исследования социальных проблем, 2015. № 7 (51). С. 611–626.
- 2. Медведков А.А. Опыт ландшафтно-геоэкологического картографирования участка «Верхняя Чапа» (Север Енисейского кряжа). Известия РАН. Серия географическая, 2014. № 1. С. 94—99.
- 3. *Фёдорова Т.А*. Методика разработки схемы организации туризма как части схемы территориального планирования. Фундаментальные исследования, 2015. № 6–3. С. 523–532.
- 4. *Яковлева С.И*. Туризм и туристские карты в схемах территориального планирования регионов России. Псковский регионологический журнал, 2011. № 12. С. 86–95.
- 5. *Hudson S.*, *Hudson L*. The development and design of ski resorts from theory to practice. Mountain tourism: experiences, communities, environments and sustainable futures. Boston: Cabi, 2016. P. 331–340. DOI:10.1079/9781780644608.0331.

#### **REFERENCES**

- 1. *Fyodorova T.A.* Methods of design of tourism organization scheme as the part of territorial planning scheme. Fundamental research, 2015. No 6-3. P. 523–532.
- 2. *Hudson S.*, *Hudson L*. The development and design of ski resorts from theory to practice. Mountain tourism: experiences, communities, environments and sustainable futures. Boston: Cabi, 2016. P. 331–340. DOI:10.1079/9781780644608.0331.
- 3. *Medvedkov A.A.* The experience of landscape and geo-environmental mapping of the Upper Chapa area (north of the Yenisei Ridge). News of Russian Academy of Sciences. Geographic Series, 2014. No 1. P. 94–99.
- 4. *Yakovleva S.I.* Tourism and tourism maps in schemes of Russian regions territorial planning. Pskov Regionological Journal, 2011. No 12. P. 86–95.
- 5. *Zhigunova G.V.* Tourism potential of Far North Cities. Modern research of social problems. 2015. No 7 (51). P. 611–626.



# К 70-ЛЕТНЕМУ ЮБИЛЕЮ ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА ТИКУНОВА, ОСНОВАТЕЛЯ СЕРИИ КОНФЕРЕНЦИЙ ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС

Тикунов Владимир Сергеевич – профессор кафедры географии мирового хозяйства, заведующий Лабораторией комплексного картографирования (с 1995 года) и Регионального центра мировой системы данных (с 2011 года) географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Родился 30 января 1949 года в городе Брянске. В 1966 году поступил на географический факультет Московского университета, который с отличием окончил в 1971 году и сразу же поступил в аспирантуру. В 1974 году защитил кандидатскую диссертацию на тему "Разработка методов автоматического составления некоторых типов социально-экономических карт", а в 1983 году – докторскую диссертацию на тему "Моделирование тематического содержания карт (на примере социально-экономических карт)". Звание доцента присвоено в 1981 году, а профессора – в 1991 году.



#### НАУЧНАЯ РАБОТА

Основные научные результаты связаны с развитием теории геоинформатики; созданием нового научного направления — математико-картографического моделирования; моделированием и визуализацией геосистем, в том числе в неевклидовой метрике; разработкой системы индексов и индикаторов для комплексной географической характеристики развития территорий. Выполнен цикл фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований, связанных с развитием теории геоинформатики. Опубликована одна из первых в России монографий «Геоинформатика» [М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. 213 с., в соавторстве с А.В. Кошкарёвым]<sup>1</sup>, где освещены общие вопросы геоинформатики, функциональные возможности географических информационных систем, принципы проектирования, аппаратно-программные средства реализации, интеграции данных и технологий, особенности интеллектуализации ГИС и систем поддержки принятия решений и другие вопросы. Особое внимание обращено на блоки моделирования и визуализации данных, а также на прикладные аспекты геоинформатики в географии.

Создана теоретическая основа математико-картографического моделирования, обоснована возможность комплексирования моделей, разработана их классификация, осуществлена экспериментальная проверка и внедрение в практику географических исследований. Издана первая монография по данному направлению «Математико-картографическое моделирование в географии» [М.: Мысль, 1980. 224 с., в соавторстве с В.Т. Жуковым и С.Н. Сербенюком].

Проведено обобщение современных методов географических исследований, среди которых охарактеризованы географические описания, картографические, математические, дистанционные, геохимические и геофизические методы исследований, а также их совмещения. Результаты нашли отражение в книге «Современные методы географических исследований» [М.: Просвещение, 1996. 207 с., в соавторстве с К.Н. Дьяконовым и Н.С. Касимовым]. По методам моделирования тематического содержания карт опубликована книга «Моделирование в картографии» [М.: Издательство Московского университета, 1997. 405 с.].

Создана система индексов индикаторов экологического, социально-И демографического и экономического развития территорий. Разработаны и впервые географического рассчитаны интегральные показатели размера территорий, характеристики общественного здоровья населения, социальной напряженности регионов страны и др. По классификациям в географии опубликована книга «Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций)» [Москва-Смоленск, Издательство СГУ, 1997. 367 с.].

Созданы оригинальные методики построения и применения в географических исследованиях изображений в неевклидовой метрике – линейных, площадных и объёмных анаморфоз, в том числе анимированных. Результаты, получаемые при использовании соответствующих алгоритмов, превосходят все известные отечественные и зарубежные разработки; по этим материалам написаны книги «Анаморфозы: что это такое?» [М.: Издательство Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.] и "Visualisation in noneuclidean metrics" [Hong Kong, 2015. 213 р.].

В книге «Моделирование в социально-экономической картографии» [М.: Издательство Московского университета, 1985. 280 с.] впервые предложена система методов моделирования тематического содержания социально-экономических карт; обоснованы элементарные и сложные модели; показана роль многовариантности моделирования и пути оценки достоверности результатов.

<sup>1</sup> Список публикаций приведён ниже

Руководил рядом российских (РФФИ, РНФ, РГНФ, Университеты России — фундаментальные исследования, программа «Интеграция») и международных (Фонд Макартуров, INTAS, RSS, NWO) проектов. Эксперт нескольких фондов, в том числе РФФИ, РНФ, РГНФ, а также РАН и Скопус.

Многие разработки нашли практическое применение при создании серий тематических карт и атласов — Национального атласа России (В.С. Тикунов был главным редактором 3-го тома), Экологического атласа России (издания 2002 и 2017 годов — главный редактор), Атласа Ханты-Мансийского автономного округа — Югры, Экологического атласа Мурманской области, Атласа Российской Арктики в XXI веке: природные условия и риски освоения, Национального атласа Арктики и других.

Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники (2004 год) за разработку экологических и природно-ресурсных атласов России. В 1999 году получил премию имени Д.Н. Анучина за работы по математико-картографическому моделированию. Награждён премией Правительства Синьцзян-Уйгурского автономного района за вклад в социально-экономическое развитие района (2008 год). В 2005 году получил грант Правительства Москвы «Профессор – 2005», а в 2013 году стал заслуженным профессором МГУ. Действительный член Российской Академии естественных наук (отделение информатики и кибернетики) и Международной Академии наук Евразии.

В.С. Тикунов является заместителем главного редактора журналов «Вестник Московского университета. Серия 5. География» и «Geography, Environment, Sustainability», член редколлегий ещё 15 журналов, среди которых «Geographical Systems. The International Journal of Geographical Information, Analysis, Theory and Decision» (1993–2003), «GeoInformatica. An International Journal on Advances of Computer Science for Geographic Information Systems», «ISPRS International Journal of Geo-Information», «International Scientific Journal Micro, Macro & Mezzo Geo Information», «Journal of Arid Land», «Journal of the Geographical Institute «Jovan Cvijic»», «Journal of Geodesy and Geomatics Engineering», «Journal of Geovisualization and Spatial Analysis», «Kartografija i Geoinformacije» (Cartography and Geoinformation journal), «Geoinformatics & Geostatistics: An Overview» и другие.

В.С. Тикунов – автор и соавтор около 800 научных работ, опубликованных в 40 странах мира на 16 языках. Результаты научных работ неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, опубликованы в международных журналах, в том числе относящихся к Топ-25, и хорошо цитируются зарубежными авторами.

Для ознакомления российских учёных с современными зарубежными достижениями перевёл (совместно с учениками) ряд статей и две книги на русский язык.

В процессе своей деятельности В.С. Тикунов посетил многие страны и регионы мира; карты его путешествий приведены ниже.

## УЧЕБНАЯ РАБОТА

В МГУ В.С. Тикуновым разработаны учебные курсы и составлены программы к ним по геоинформатике и математико-картографическому моделированию, которые читаются в настоящее время во многих университетах России и странах СНГ. Подготовлены и опубликованы учебники по этим курсам. В течение многих лет он читает несколько курсов для студентов, обучающихся по специальностям «География» и «Картография»: Математико-картографическое моделирование (с 1975 года по настоящее время), Картография (1987–1994 годы), Геоинформатика (1989–2009 годы), Геоинформатика и моделирование (1997–2009 годы), Геоинформатика для устойчивого развития (с 2009 года по настоящее время), Геоинформационные системы в демографических и социально-экономических исследованиях (с 2017 по настоящее время), учебный курс на экономическом факультете МГУ. Курс Геоинформатика читался также в Филиалах МГУ в Севастополе, Астане и Женеве (Швейцария). В.С. Тикунов является членом Учёного совета

географического факультета МГУ и заместителем председателя специализированного диссертационного совета.

Под руководством В.С. Тикунова защищены 21 кандидатская диссертация, несколько десятков дипломных работ и магистерских диссертаций. Он – автор нескольких учебников и учебных пособий, а учебник «Геоинформатика» вошел в серию «Классический университетский учебник» и признан ГИС-Ассоциацией России лучшим учебником.

Читал лекции в отечественных (Иркутск, Ярославль, Пенза, Краснодар), а также зарубежных университетах: в Брно (Чехия), университетах штатов Нью-Йорк и Калифорния (США), в Университете Йоханнесбурга (ЮАР), Вагенингене и Энсхеде (Нидерланды), Кембридже (Великобритания), Сантьяго (Чили), Гаване (Куба), Гуанчжоу, Гонконге и Урумчи (Китай), Севастополе (Украина), Рейкьявике (Исландия), Женеве (Швейцария), Астане (Казахстан), Берлине (Германия), Стамбуле (Турция), Скопье (Македония), Тиране (Албания), Салониках (Греция).

В 1977–78 годах прошёл десятимесячную научную стажировку в Англии. Для научной работы выезжал также в США (1987 год), Нидерланды (1991 год) и Англию (1993, 1999 годы).

С 2003 года организовал и проводил летние школы по современным проблемам геоинформатики в России (4 раза), на Украине, Турции, на Балканах и четырежды в Китае.

## МЕЖДУНАРОДНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В.С. Тикунов ведёт большую международную работу. Он был и является в настоящее время председателем комиссии, вице-президентом Международной Картографической Ассоциации, объединяющей деятельность в области картографии и геоинформатики более 80 стран мира. В течение 16 лет был членом Комиссии по географическим информационным наукам Международного Географического Союза. Был членом Исполкома международного общества Цифровая Земля. Руководил рядом российских и международных проектов.

Организовал проведение ежегодных международных конференций ИнтерКарто. ИнтерГИС и является их председателем начиная с 1994 года. Конференции проходят частично в России, частично за рубежом (они проводились в Европе, Азии, Северной и Южной Америке, Африке, Австралии и Океании).

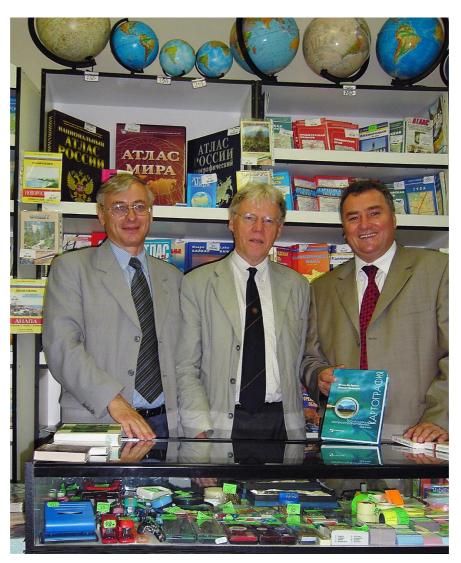
К началу каждой конференции изданы сборники материалов, большинство из которых имеют объём более 500 страниц. В некоторых случаях материалы издавались в нескольких томах: Якутск — 4 тома; Калининград — Берлин, Саратов — Урумчи, Пермь — Гент и Южно-Сахалинск — Сеул — Вашингтон — по 3 тома; Апатиты (Мурманская область) — Ханты-Мансийск — Йеллоунайф, Веллингтон — Мельбурн — Протвино (Московская обл.), Петрозаводск — Бонн — Анкоридж и Мурманск — Токио — по 2 тома.

Сборники конференций с марта 2019 года индексируются в базе данных Скопус.

Коллеги, друзья, ученики



На конференции ИнтерКарто. ИнтерГИС 11 в Ставрополе At the conference InterCarto. InterGIS 12 in Stavropol



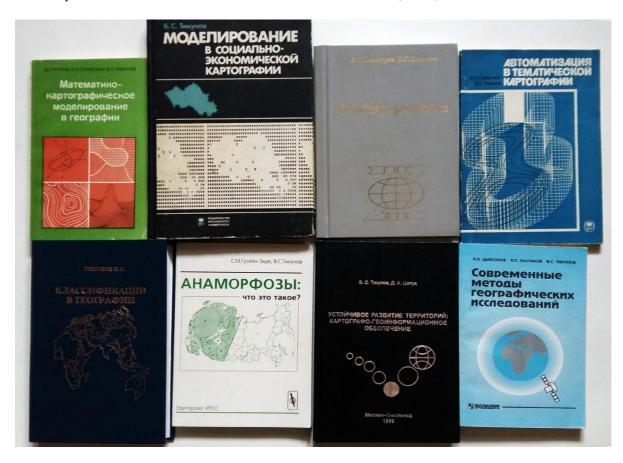
На конференции ИнтерКарто. ИнтерГИС 12 в Калининграде At the conference InterCarto. InterGIS 12 in Kaliningrad



Доклад на конференции «ГИС для Шёлкового пути» в Исфахане (Иран) Report at the conference "GIS for the Silk Road" in Isfahan (Iran)



Доклад на конференции «ГИС для Шёлкового пути» в Сиане (Китай) Report at the Conference "GIS for the Silk Road" in Xi'an (China)



Некоторые монографии Some monographs



Последняя из опубликованных монографий («Визуализация в неевклидовой метрике», Гонконг, 2015) и переведённые на русский язык книги

The last of the published monographs ("Visualization in the Non-Euclidean Metric", Hong Kong, 2015) and books translated into Russian



Учебники и учебные пособия Textbooks and teaching aids

## TO THE 70<sup>th</sup> ANNIVERSARY OF VLADIMIR SERGEEVICH TIKUNOV, FOUNDER OF THE INTERCARTO. INTERGIS CONFERENCE SERIES

Vladimir Sergeyevich Tikunov – Professor of the Department of Geography of the World Economy, Head (since 1995) of the Laboratory of Integrated Mapping and the Regional Center of the World Data System (since 2011) of the Geographical Faculty of Lomonosov Moscow State University.

Born on January 30, 1949 in the city of Bryansk. In 1966 he began studying at the geographical faculty of Moscow University, graduated with honors in 1971, and immediately began work on his PhD. In 1974, he defended his thesis on the topic "Development of methods for automatic compilation of some types of socio-economic maps", and in 1983 his doctoral thesis was "Modeling thematic content of maps (using the example of socio-economic maps)". The rank of assistant professor was awarded in 1981, and the professor in 1991.

#### **SCIENTIFIC WORK**

The main scientific results are related to the development of the theory of geoinformatics; the creation of a new scientific direction — math-cartographic modeling; modeling and visualization of geosystems, including in the non-Euclidean metric; development of a system of indices and indicators for integrated geographic characteristics of the development of territories. A cycle of fundamental theoretical and experimental research related to the development of the theory of geoinformatics has been carried out. One of the first monographs on geoinformatics "Geoinformatics" [Moscow: Cartgeocenter-Geodesizdat, 1993, 213 p., in collaboration with A.V. Koshkarev] was published, which covered general issues of geoinformatics, the functionality of geographic information systems, design principles, hardware and software for implementation, integration of data and technologies, features of intellectualization of GIS and decision support systems, etc. Special attention is paid to the blocks of modeling and data visualization, as well as applied aspects of geoinformatics in geography.

The theoretical basis of mathematical-cartographic modeling was created, the possibility of model integration was substantiated, their classification was developed, experimental verification and introduction of geographical research into practice was carried out, the first monograph in this direction "Mathematical-modeling in geography" was published [Moscow: Think, 1980, 224 p., in collaboration with V.T. Zhukov and S.N. Serbeniuk).

A generalization of modern methods of geographical research has been conducted, among which geographical descriptions, cartographic, mathematical, geochemical, and geophysical research methods, as well as their combination, have been characterized, the results are reflected in the book "Modern methods of the geographical research" [Moscow: Enlightenment, 1996, in collaboration with K.N. Dyakonov and N.S. Kasimov]. The book "Modeling in Cartography" was published on modeling methods of the thematic content of maps [Moscow: Moscow University Press, 1997, 405 p.].

A system of indices and indicators of the ecological, socio-demographic and economic development of territories has been created. For the first time, integrated indicators of geographic size of territories, characteristics of public health, social tensions of regions of the country, etc. were developed and calculated. According to the classifications in geography, the book "Classifications in geography: renaissance or wilt? Experience of Formal Classifications" was published [Moscow – Smolensk, SSU Publishing House, 1997, 367 p.].

Original methods of construction and application in geographical research of images in a non-Euclidean metric are created – linear, areal and volumetric anamorphoses, including animated. The results obtained with the use of appropriate algorithms surpass all known domestic and foreign developments; the books "Anamorphoses: what is it?" [Moscow: Publishing House Editorial URSS, 1999, 168 p.] and "Visualization in noneuclidean metrics" [Hong Kong, 2015, 213 p.] were written.

In the book "Modeling in the socio-economic cartography" (Moscow: Moscow University Press, 1985, 280 p.) the system of methods for modeling the thematic content of socio-economic maps was proposed for the first time; elementary and complex models are justified; the role of modeling multivariance and ways to assess the reliability of results is shown.

He supervised a number of Russian (RFBR, RNF, RGNF, Russian Universities – basic research, "Integration" program) and international (MacArthur Foundation, INTAS, RSS, NWO) projects. An expert of several funds, including the Russian Foundation for Basic Research, the Russian Science Foundation, Russian Academy of Sciences (decree of the Presidium of the Russian Academy of Sciences on 07.27.2016).

Many of his developments have found practical application in creating series of thematic maps and atlases – the National Atlas of Russia (V.S. Tikunov was the editor-in-chief of volume 3), the Environmental Atlas of Russia (2002 and 2017 – editor-in-chief), the Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug–Ugra , Ecological Atlas of the Murmansk region, Atlas of the Russian Arctic in the XXI century: natural conditions and risks of development, the National Atlas of the Arctic, etc.

Winner of the Prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology (2004) for the development of environmental and natural resource atlases of Russia. In 1999, he received the D.N. Anuchin Prize for his work on mathematical cartographic modeling. Awarded the Prize of the Xinjiang Uygur Autonomous Region Government for his contribution to the social and economic development of the region (2008). In 2005 he received a grant from the Government of Moscow "Professor–2005", and in 2013 he became an honored professor of Moscow State University. Member of the Russian Academy of Natural Sciences (Department of Informatics and Cybernetics) and the International Academy of Sciences of Eurasia.

V.S. Tikunov is the deputy chief editor of the journal "Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography" and "Geography, Environment, Sustainability", a member of the editorial boards of 15 more journals, including "Geographical Systems. The International Journal of Geographical Information, Analysis, Theory and Decision" (1993–2003), "GeoInformatica. International Journal of Geo-Information", "ISPRS International Journal of Geo-Information", "International Scientific Journal Micro, Macro & Mezzo GeoInformation", "Journal of Arid Land", "Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic", "Journal of Geodesy and Geomatics Engineering", "Journal of Geovisualization and Spatial Analysis", "Kartografija i Geoinformacije" (Cartography and Geoinformation journal), "Geoinformatics & Geostatistics: an Overview" and others.

V.S. Tikunov is the author and co-author of about 800 scientific papers published in 40 countries of the world in 16 languages. The results of scientific works were repeatedly reported at Russian and international conferences, published in international journals, including those related to the Top 25, and are well quoted by foreign authors.

For familiarize Russian scientists with modern foreign achievements, he translated (together with pupils) a number of articles and two books into Russian.

In the process of his activity V.S. Tikunov visited many countries and regions of the world; maps of his travels are given below.

## **EDUCATIONAL WORK**

At Moscow State University training courses and compiled programs for them in geoinformatics and mathematical-cartographic modeling, which are currently taught at many universities in Russia and the countries of CIS have been developed by V.S. Tikunov. Textbooks for these courses have been prepared and published. For many years he teaches several courses for students studying in the specialties "Geography" and "Cartography": Mathematical-cartographic modeling (from 1975 to the present time), Cartography (1987–1994), Geoinformatics (1989–2009), Geoinformatics and modeling (1997–2009), Geoinformatics for sustainable development (from 2009 to the present time), Geographical information systems in demographic and socioeconomic researches (from 2017 to the present time), training course at the Economical Faculty

of Moscow State University. The course Geoinformatics was also taught at MSU Branches in Sevastopol, Astana and Geneva (Switzerland). V.S. Tikunov is a member of the Academic Council of the Geographical Faculty of Moscow State University and a deputy chairman of a specialized dissertation council.

21 PhD dissertations, a few dozens of diploma theses and master's dissertations are defended under the leadership of V.S. Tikunov. He is the author of several textbooks and study guides, and the textbook "Geoinformatics" was included in the series "Classical University Textbook" and recognized as the best textbook by the GIS-Association of Russia.

He lectured in domestic (Irkutsk, Yaroslavl, Penza, Krasnodar), as well as foreign universities: in Brno (Czech Republic), at the universities of the states of New York and California (USA), at the University of Johannesburg (South Africa), in Wageningen and Enschede (Netherlands), Cambridge (UK), Santiago (Chile), Havana (Cuba), Guangzhou, Hong Kong and Urumqi (China), Sevastopol (Ukraine), Reykjavik (Iceland), Geneva (Switzerland), Astana (Kazakhstan), Berlin (Germany), Istanbul (Turkey), Skopje (Macedonia), Tirana (Albania), Thessaloniki (Greece).

In 1977–78, he completed a ten-month scientific internship in England. For scientific work, he also traveled to the USA (1987), the Netherlands (1991) and England (1993, 1999).

Since 2003, he organized and conducted summer schools on modern issues of geoinformatics in Russia (4 times), in Ukraine, Turkey, the Balkans and four times in China.

## INTERNATIONAL ACTIVITY

V.S. Tikunov carries out a great international work. He was and is currently the chairman of the commission, vice president of the International Cartographic Association, uniting activities in the field of cartography and geoinformatics more than 80 countries of the world. For 16 years he was a member of the Commission on Geographical Information Sciences of the International Geographic Union. He was a member of the Executive Committee of the Digital Earth International Society. He led a range of Russian and international projects.

He organized the holding of annual International conferences InterCarto. InterGIS and is their chairman since 1994. Conferences are held partially in Russia, partially abroad (they were held in Europe, Asia, North and South Americas, Africa, Australia and Oceania).

To the beginning of each conference Proceedings most of which have a volume of more than 500 pages were published. In some cases, materials were published in several volumes: Yakutsk — 4 volumes; Kaliningrad – Berlin, Saratov – Urumqi, Perm – Gent and Yuzhno-Sakhalinsk – Seoul – Washington — 3 volumes each; Apatity (Murmansk region) – Khanty-Mansiysk – Yellowknife, Wellington – Melbourne – Protvino (Moscow Region), Petrozavodsk – Bonn – Anchorage and Murmansk – Tokyo — 2 volumes each.

Proceedings of the conference are indexed in the Scopus database from March 2019.

Colleagues, friends, disciples



Поездки профессора В.С. Тикунова по странам мира Trips of professor V.S. Tikunov by countries of the World



Поездки профессора В.С. Тикунова по Европе Trips of professor V.S. Tikunov by countries of the Europe



Поездки профессора В.С. Тикунова по России и сопредельным государствам Trips of professor V.S. Tikunov by and neighboring countries

#### СПИСОК НАУЧНЫХ РАБОТ В.С. ТИКУНОВА

- 1. Свентэк Ю.В., Тикунов В.С. Выделение зон влияния способом итераций. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1971. № 1. С. 110–113.
- 2. *Расположенский Н.А.*, *Свентэк Ю.В.*, *Тикунов В.С.* О возможностях применения электрического моделирования в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1972. № 4. С. 32–37.

то же

*Raspolozhenskiy N.A., Sventek Y.V.,Tikunov V.S.* The use of electric models in geography. Soviet Geography: Review and Translation, 1973. V. 14. No 5. P. 315–321.

то же

Raspolożenski N.A., Swientek J.W., Tikunow W.S. Możliwości zastosowania modelowania elektrycznego w geografii. Przestrzenne modele symulacyjne. Przegląd zagranicznej literatury geograficznej., 1977. No 2. S.145–153 (на польском языке).

- 3. *Свентэк Ю.В., Соколовский Н.К., Тикунов В.С.* Дифференциация территории по ряду показателей с помощью метода «вроцлавского дендрита». Проблемы синтеза в картографии. М.: МГУ, 1972. С. 100–103.
- 4. *Расположенский Н.А.*, *Свентэк Ю.В.*, *Тикунов В.С.* Картографическая трансформация пространства для целей географического анализа (с применением электрического моделирования). 5-я Всесоюзная конференция по тематической картографии, 1973. Тезисы докл. Тбилиси, ТГУ, 1973. Т. 1. С. 27–29.
- 5. *Евтеев О.А., Свентэк Ю.В., Тикунов В.С.* Составление карт потенциала поля расселения. Тематическая картография. М.: МФ ВГО, 1973. С. 23–25.
- 6. Raspolojensky N.A., Sventek Y.V., Tikounov V.S. L'automatisation du procède d'établissement des images anamorphisés. Rapport présenté à la session de la Comission pour l'automatisation de l'AIC. Budapest, 1973. Moscou, 1973. 10 р. (на французском языке).

то же

Raspolozhenskiy N.A., Sventek Y.V., Tikunov V.S. Automation of compilation process of anamorphotic images. Automation the new trend in cartography. Budapest, 1974. P. 208–213.

- 7. *Оганян С.Е.*, *Тикунов В.С.* Применение метода «вроцлавской таксономии» в естественных условиях развития пчеловодства. Вестник Ереванского университета. Серия обществ. наук, 1973. № 2. С. 267–272 (на армянском языке).
- 8. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. О математико-картографических моделях. Теоретическая география. Рига: ЛГУ, 1973. С. 90–94.
- 9. Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Составление аналитических карт с помощью ЭВМ. Построение картографического изображения с помощью ЭВМ и автоматических устройств. Калинин, 1973. С. 19–40.
- 10. *Расположенский Н.А.*, *Свентэк Ю.В.*, *Тикунов В.С.* Автоматизация создания карт, составляемых с помощью аналоговых моделей. Построение картографического изображения с помощью ЭВМ и автоматических устройств. Калинин, 1973. С. 55–66.
- 11. Свентэк Ю.В., Тикунов В.С. Применение таксономических методов для целей картографирования географических комплексов. Построение картографического изображения с помощью ЭВМ и автоматических устройств. Калинин, 1973. С. 108–146.
- 12. Тикунов В.С. Применение таксономических методов для типологической дифференциации территории. География и математика. Тарту, 1974. С. 62–64.
- 13. Расположенский Н.А., Свентэк Ю.В., Тикунов В.С. Электрическая аналогия как метод математического моделирования географических явлений и процессов. География и математика. Тарту, 1974. С. 266–267.
- 14. *Сербенюк С.Н., Тикунов В.С.* Сравнительный анализ некоторых многомерных математических моделей, применяемых в тематической картографии. Новое в тематике, содержании и методах составления экономических карт (1970–1973). М.: МФ ВГО, 1974. С. 18–43.

- 15. Евтеев О.А., Свентэк Ю.В., Тикунов В.С. О способах составления карт потенциала поля расселения. Новое в тематике, содержании и методах составления экономических карт (1970–1973). М.: МФ ВГО, 1974. С. 175–184.
- 16. *Тикунов В.С.* О выделении интервалов шкал для картограмм на ЭВМ. Геодезия и картография, 1974. № 10. С. 63–67.
- 17. *Тикунов В.С.* Автоматическое составление картограмм. Реферативный сборник ОНТИ ЦНИИГАиК. Серия картографич. М.: 1974. № 34. С. 45–47.
- 18. *Тикунов В.С.* О типовых задачах «машинной» дифференциации территории. Изучение природы, хозяйства и населения Сибири. Иркутск, 1975. С. 38–39.
- 19. Жуков В.Т., Лютый А.А., Мардер Л.И., Тикунов В.С. Оценочные карты для долгосрочного прогноза развития теплоэлектроэнергетики. Шестая Всесоюзная конференция по тематическому картографированию (Киев, апрель 1975). Секция: Применение картографического метода в изучении социально-экономической среды и рационального использования экономических ресурсов. М., 1975. С. 71–74.
- 20. *Крючков В.Г., Тикунов В.С.* Метод автоматической классификации производственных типов сельского хозяйства. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1975. № 2. С. 36–45.
- 21. *Свентэк Ю.В., Тикунов В.С.* Создание синтетических карт на основе метода «вроцлавской таксономии». Синтез в картографии. М.: Издательство Московского университета, 1976. С. 152–161.
- 22. Тикунов В.С. Алгоритм для составления типологических карт с помощью ЭВМ. Синтез в картографии. М.: Издательство Московского университета, 1976. С. 162–167.
- 23. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Теоретические подходы к математико-картографическому моделированию в географии. Теоретические проблемы географии. Рига, 1976. С. 90–96.
- 24. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Применение математико-картографического моделирования при создании комплексных научно-справочных атласов. Тематическое картографирование в целях охраны природы и рационального использования естественных ресурсов. Ереван, 1976. С. 48–50.

- Zhukov V.T., Serbenuk S.N., Tikunov V.S. Application of mathematical-cartographic modeling for complex scientific-reference atlases. Thematic mapping and the problem of environmental control and rational use of resourses. Yerevan, 1976. P. 45–47.
- 25. Жуков В.Т., Лютый А.А., Мардер Л.И., Мызин А.Л., Тикунов В.С. Карты для долгосрочных прогнозов развития и размещения отраслей народного хозяйства: пути создания и методы использования. VIII Международная картографическая конференция. Москва, СССР, 3–10 августа 1976 г. Тезисы докладов. М., 1976. С. 502–504.

то же

- *Joukov V.T.*, *Liouty A.A.*, *Marder L.I.*, *Mysin A.L.*, *Tikunov V.S.* Maps for the long time forecast of development and location of the economic branches: ways of creating and methods of using. Eigth International cartographic conference. Moscow, SSR, August 3–10, 1976. Abstracts of papers. Moscow, 1976. P. 505–507.
- 26. Жуков В.Т., Лютый А.А., Мардер Л.И., Мызин А.Л., Тикунов В.С. Карты для долгосрочных прогнозов развития и размещения отраслей народного хозяйства: пути создания и методы использования. VIII Международная картографическая конференция. Москва, СССР, 3–10 августа 1976, М., 1976, 14 с., 5 илл.

то же

*Joukov V.T.*, *Liouty A.A.*, *Marder L.I.*, *Mesin A.L.*, *Tikunov V.S.* Maps for the long time forecast of development and location of the economic branches: ways of creating and methods of using. Paper for the VIII International Cartographic Conference. Moscow, USSR, August 3–10, 1976. National Committee of Cartographers. Moscow, 1976. 14 p., 5 ill.

- 27. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование. Картография. Итоги науки и техники. Т. 7. М.: ВИНИТИ АН СССР, 1976. С. 36–45.
- 28. *Берлянт А.М., Жуков В.Т., Тикунов В.С.* Математико-картографическое моделирование в системе «создание-использование карт». Географические исследования в Московском университете. М.: Издательство Московского университета, 1976. С. 235–243.
- 29. Ботнарь В.И., Тикунов В.С. Применение многомерного математического анализа при комплексной оценке природных условий для виноградарства Молдавии. Природа и хозяйство Молдавии. Кишинёв: Штиинца, 1977. С. 11–28.
- 30. *Берлянт А.М., Тикунов В.С.* Тематические корреляционные карты и их значение для системного анализа. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1977. № 3. С. 10–16.
- 31. *Тикунов В.С.* Алгоритмы создания карт дифференциации территории по комплексу показателей. Известия высших учебных заведений. Серия геодезия и аэрофотосъёмка, 1977. № 3. С. 109–116.
- 32. Жуков В.Т., Тикунов В.С. Применение Q-модификации корреляционного анализа для создания карт промышленности. Теория и методика экономико-географических исследований. М.: МФ ВГО, 1977. С. 64–71.
- 33. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование: современное состояние и перспективы. Новые методы в тематической картографии (Математико-картографическое моделирование и автоматизация). М.: Издательство Московского университета, 1978. С. 4–15.
- 34. *Тикунов В.С.* Разработка алгоритмов распознавания, классификации и картографирования географических комплексов с помощью ЭВМ. Новые методы в тематической картографии (Математико-картографическое моделирование и автоматизация). М.: Издательство Московского университета, 1978. С. 52–69.
- 35. Жуков В.Т., Лютый А.А., Мардер Л.И., Тикунов В.С. О разработке карт для долгосрочных прогнозов развития и размещения отраслей народного хозяйства методами математико-картографического моделирования (на примере теплоэлектроэнергетики). Новые методы в тематической картографии (Математико-картографическое моделирование и автоматизация). М.: Издательство Московского университета, 1978. С. 70–79.
- 36. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Теоретические аспекты применения математико-картографического моделирования при исследовании географических закономерностей. Проблемы теоретической географии. Л.: ВГО, 1978. С. 63–71.
- 37. Тикунов В.С. Математико-картографическая имитация территориального распределения абитуриентов. Исследование регионального расселения. Владивосток, 1978. С. 206–211.
- 38. *Тикунов В.С.* Типология математико-картографических моделей социальноэкономических явлений. Известия Академии наук СССР. Серия географич., 1979. № 2. С. 130–134.
- 39. Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Автоматическое создание прогнозных карт урожайности сельскохозяйственных культур для целей планирования. Картографические разработки для планирования и управления развитием народного хозяйства Украинской ССР. Киев: Наукова Думка, 1979. С. 208.
- 40. Тикунов В.С. Автоматизация создания оценочных тематических карт. Картографические разработки для планирования и управления развитием народного хозяйства Украинской ССР. Киев: Наукова Думка, 1979. С. 209–210.
- 41. *Tikunov V.S.* An algorithm for calculating the indices of uniformity of settlement location and their mapping. Mathematical processing of cartographic data. Tallinn, 1979. P. 88–89.
- 42. *Тикунов В.С.* Способ определения интервалов шкал для тематических карт. Геодезия и картография, 1980. № 3. С. 46–50.

- 43. Берлянт А.М., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Картографическое моделирование как средство исследования природной среды. Картографические методы в исследовании окружающей среды. Л.: ВГО, 1980. С. 35–46.
- 44. *Польская Н.М., Семёнова Л.А., Тикунов В.С.* Опыт математико-картографического составления карты оценки уровня загрязнения природной среды. Аэрокосмические и картографические методы в исследовании окружающей среды. Л.: ВГО, 1980. С. 104–107.
- 45. *Тикунов В.С.* Алгоритмизация создания карты оценки природных условий для виноградарства Молдавии. Геодезия, картография и аэрофотосъёмка. Вып. 32. Львов: Вища школа, 1980. С. 142–150.
- 46. *Сербенюк С.Н., Тикунов В.С.* Роль математико-картографического моделирования в развитии географической картографии. Географическая картография, её развитие и новые задачи. М.: Издательство Московского университета, 1980. С. 16–17.
- 47. *Польская Н.М., Семёнова Л.А., Тикунов В.С.* Математико-картографическая оценка уровня загрязнения природной среды Уэльса промышленностью. Географическая картография, её развитие и новые задачи. М.: Издательство Московского университета, 1980. С. 58–60.
- 48. *Тикунов В.С.* Спецкурс «Математико-картографическое моделирование» географокартографической специальности МГУ. Географическая картография, её развитие и новые задачи. М.: Издательство Московского университета, 1980. С. 128–129.
- 49. Тикунов В.С. Сравнительный анализ способов составления карт потенциала поля расселения. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1980. Т. 112. Вып. 3. С. 191–201.
- 50. *Тикунов В.С.* Спецкурс кафедры геодезии и картографии «Математико-картографическое моделирование». Вестник Московского университета. Серия геогр., 1980. № 3. С. 61–67.
- 51. *Сербенюк С.Н., Тикунов В.С.* Прогнозно-картографические методы изучения динамики роста населения во времени. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1980. № 5. С. 46–50.
- 52. *Serbenyuk S.N., Tikunov V.S.* Automated cartographing of geographical systems. The Tenth International Cartographic conference. Tokyo, Japan, August 25 September 1, 1980. Moscow, 1980. 9 p.
- $53. \, \mathcal{K}$ уков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование в географии. М.: Мысль, 1980. 224 с.

то же (часть книги)

- Zhukov V.T., Serbenyuk S.N., Tikunov V.S. Mapping the physical and economic-geographic conditions for construction of steamelectric stations in the RSFSR. Soviet Geography: Review and Translation, 1982. V. 23. N 9. P. 665–678.
- 54. *Польская Н.М.*, *Семёнова Л.А.*, *Тикунов В.С.* Математико-картографическое изучение влияния территориально-отраслевой структуры отраслей-загрязнителей на уровень загрязнённости природной среды в Англии. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1980. Т. 112. Вып. 6. С. 541–548.
- 55. Serbenyuk S.N., Tikunov V.S. Automated mapping of geographical systems. The 10<sup>th</sup> International Conference of the International Cartographic Association. Abstracts of papers. Tokyo, Japan, 1980. P. 321–322.
- 56. *Тикунов В.С.* Изучение взаимосвязей природных явлений и урожайности сельскохозяйственных культур с помощью корреляционных карт. Карты полей динамики и взаимосвязи явлений. Иркутск, 1980. С. 135–147.
- 57. *Коэ Л., Тикунов В.С., Торп Л.* Алгоритмизация создания карт углов наклона. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1981. № 2. С. 52–61.
- 58. *Сербенюк С.Н., Тикунов В.С.* Применение регрессионных моделей для создания прогнозных карт урожайности. Геодезия и картография, 1981. № 2. С. 44–46.

- 59. Тикунов В.С., Флоринский М.А. Типология пахотных почв СССР с различным содержанием подвижных форм фосфора, калия и степени кислотности. География и природные ресурсы, 1981. № 3. С. 129-131.
- 60. Тикунов В.С. Имитация пространственного развития явлений на примере гравитационной модели распространения эпидемий и их картографирование. Геодезия, картография и аэрофотосъёмка. Вып. 33. Львов: Вища школа, 1981. С. 104–110.
- 61. *Тикунов В.С., Флоринский М.А.* Опыт математико-картографического исследования природных условий для целей химизации сельскохозяйственного производства. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1981. Т. 113. Вып. 4. С. 346–352.
- 62. *Тикунов В.С.* Математико-картографическая типология динамики урожайности сельскохозяйственных культур. Известия АН СССР. Серия географич., 1981. № 5. С. 127—132.
- 63. *Serbeniuk S.N., Tikunov V.S.* Automatic making of series of thematic maps. Abstracts of papers. The II<sup>th</sup> International Cartographic Conference. Warsaw, Poland, 1982. P. 36–37.

- Serbeniuk S.N., Tikunov V.S. Cartographie automatisée pour séries de cartes thématiques. Résumés des communications. 11-éme Conférence Internationale de Cartographie. Varsovie, Pologne, 1982. P. 37–39 (на французском языке).
- 64. *Serbenyuk S.N.*, *Tikunov V.S.* Modeling and automatic making of series of thematic maps. 11<sup>th</sup> International Cartographic Conference. Warsaw, 1982. Moscow, 1982. 22 p.
- 65. *Вардомский Л.Б.*, *Тикунов В.С.* О некоторых путях географического анализа внешней торговли (на примере торговли СССР с европейскими странами). Вестник Московского университета. Серия геогр., 1982. № 2. С. 41–47.

то же

- *Vardomskiy L.B.,Tikunov V.S.* Some approaches to the geographical analysis of foreign trade (with reference to Soviet trade with the European countries). Soviet Geography: Review and Translation, 1984. V. 25. No 4. P. 253–260.
- 66. Росин В.Я., Тикунов В.С. Классификация и картографирование префектур Японии по уровню развития отраслей обрабатывающей промышленности. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1982. Т. 114. Вып. 2. С. 164–172.
- 67. *Тикунов В.С.* О формальных и эвристических компонентах «машинной» классификации и картографирования географических комплексов. Известия АН СССР. Серия географич., 1982. № 2. С. 123–128.
- 68. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Информационное обеспечение математико-картографического моделирования социально-экономических явлений. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1982. Т. 114. Вып. 4. С. 291–297.
- 69. Тикунов В.С. Способ оценки достоверности математико-картографического моделирования. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1982. № 4. С. 42–48.

то же

- *Tikunov V.S.* A technique for measuring the reliability of mathematical-cartographic models. Mapping sciences and remote sensing, 1984. V. 21. No 1. P. 33–42.
- 70. Смирнягин Л.В., Тикунов В.С. Типология и картографирование границ на примере экономических районов США. Географические границы. М.: Издательство Московского университета, 1982. С. 46–53.

- Smirnyagin L.V., Tikunov V.S. Typology and mapping of boundaries of the BEA Economic areas of the United States. Soviet Geography: Review and Translation, 1983. V. 24. No 1. P. 69–75.
- 71. *Тикунов В.С.* Автоматизированное построение синтетических оценочных карт. Географическая картография в научных исследованиях и народохозяйственной практике. М.: МФ ВГО, 1982. С. 101-116.

- 72. Смирнягин Л.В., Тикунов В.С., Фетисов А.С. Опыт классификации развивающихся стран по уровню социально-экономического развития. Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. М.: Издательство ИЛА, 1982. С. 3–15.
- 73. Колосов В.А., Тикунов В.С. Анализ территориальных различий в динамике влияния политических партий Италии (с использованием алгоритмов автоматической классификации). Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. М.: Издательство ИЛА, 1982. С. 175–187.
- 74. *Петров П.В., Тикунов В.С.* Математико-картографическое моделирование диффузионного распространения географических явлений. Динамика географических систем. М.: Издательство Московского университета, 1983. С. 39–46.
- 75. *Брюханов А.В., Тикунов В.С.* Фотографический способ получения простых анаморфированных изображений. Геодезия, картография и аэрофотосъёмка. Вып. 37. Львов: Вища школа, 1983. С. 117–122.
- 76. Сиголаева Е.А., Тикунов В.С. Опыт создания карты перспектив хозяйственного освоения Атлантического океана. Вопросы географии океана. Л.: ВГО, 1983. С. 147–148.
- 77. Петров П.В., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Аналитический способ создания анаморфированных картографических изображений. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1983. № 2. С. 56–63.

- Petrov P.V., Serbenyuk S.N., Tikunov V.S. An analytic technique of map transformation. Mapping sciences and remote sensing, 1984. V. 21. No 1. P. 49–57.
- 78. Тикунов В.С. Алгоритм для моделирования тематического содержания типологических карт. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1983. № 4. С. 78–84.
- 79. Тикунов В.С. Имитация и картографирование территориального распределения абитуриентов, поступающих в высшие учебные заведения. Идеи Н.Н. Баранского и современная социально-экономическая картография. М.: МФ ВГО, 1983. С. 74–84.
- 80. Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Автоматизация в тематической картографии. М.: Издательство Московского университета, 1984. 112 с.
- 81. Колосов В.А., Тикунов В.С. Многомерная типология соотношения партийно-политических сил для политико-географического районирования (на примере Италии). Известия Всесоюзного Географич. общества, 1984. Т. 116. Вып.1. С. 66–77.
- 82. Тикунов В.С. Моделирование тематического содержания карт как способ объективизации картографического отображения географических явлений. Проблемы рационального природопользования в Восточной Сибири. Иркутск, 1984. С. 144–146.
- 83. *Петров П.В.*, *Тикунов В.С.* Моделирование изохрон при создании карт транспортной доступности. Геодезия и картография, 1984. № 5. С. 42–43.
- 84. *Serbenjuk S.N.*, *Tikunov V.S.* Modelování a automatizovaná tvorba tematických map. Geodetický a kartografický obzor, 1984, 30. Č. 7. S. 156–158 (на чешском языке).
- 85. *Tikunov V.S.* Modeling of thematic contents of maps. Technical papers of the 12<sup>th</sup> Conference of the International Cartographic Association, Perth, Australia, August 6–13, 1984. V. 2. P. 757–776.
- 86. Тикунов В.С. Моделирование тематического содержания карт как звено их автоматизированного создания. Автоматизация в тематической картографии. М.: Издательство Московского университета, 1984. С. 23–25.
- 87. Тикунов В.С., Фельдман Г.Е., Фельдман Е.С. Опыт формирования банка данных для автоматизированного создания серии карт в целях эпидемиологического исследования злокачественных новообразований. Автоматизация в тематической картографии. М.: Издательство Московского университета, 1984. С. 47–49.
- 88. Сербенюк С.Н., Тикунов В.С., Чернышёв А.В. Автоматизация математико-картографического моделирования. Автоматизация в тематической картографии. М.: Издательство Московского университета, 1984. С. 132–133.

- 89. *Берлянт А.М., Тикунов В.С.* Методы математико-картографического моделирования в геоморфологии. Геоморфология, 1985. № 1. С. 106–107.
- 90. Тикунов В.С. Моделирование в социально-экономической картографии. М.: Издательство Московского университета, 1985. 280 с.
- 91. Оганян С.Е., Тикунов В.С. Выявление территориальных различий в эффективности сельскохозяйственного производства Армянской ССР. Проблемы социально-экономического развития горных районов. Ереван, 1985. С. 166–169.
- 92. Тикунов В.С. Метод классификации географических комплексов для создания оценочных карт. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1985. № 4. С. 28–36.
- 93. *Берлянт А.М., Тикунов В.С.* Автоматизация в тематической картографии. Геодезия и картография, 1985. № 7. С. 38–42.

- Berlyant A.M., Tikunov V.S. Automation in thematic cartography. Mapping sciences and remote sensing, 1985. V. 22. No 3. P. 233–237.
- 94. *Свентэк Ю.В., Тикунов В.С.* VIII Всесоюзная конференция по тематическому картографированию. Известия Всесоюзного геогр. общества, 1985. Т. 117. Вып. 5. С. 484–485.
- 95. Тикунов В.С., Шустров Д.Б. Технические средства автоматизированного создания карт. Автоматизация в тематической картографии. М.: МФ ВГО, 1985. С. 22–40.
- 96. *Ковалёв С.А.*, *Тикунов В.С.* Методы типологии при сравнительно-географическом исследовании и картографировании динамики населения. Автоматизация в тематической картографии. М.: МФ ВГО, 1985. С. 78–87.
- 97. Петров П.В., Тикунов В.С. Моделирование и картографирование на ЭВМ пространственно-временного развития географических явлений методом Монте-Карло. Известия Всесоюзного геогр. общества, 1986. Т. 118. Вып.1. С. 67–74.

- *Petrov P.V., Tikunov V.S.* Computer modeling and mapping of the spatial temporal development of geographic features via the Monte Carlo method. Mapping sciences and remote sensing, 1986. V. 23. No 3. P. 217–226.
- 98. *Tikunov V.S.* Thematic contents of maps: some theoretical approaches in the development of modelling methods. The Cartographic Journal, 1986. V. 23. No 1. P. 56–59, 65.
- 99. *Malkhazova S.M.*, *Neronov V.M.*, *Tikunov V.S.* The structure of the nosorange of cutaneous leishmaniasis in the old world (an experience in mapping, typology and zonation). Geographia medica. Budapest, 1986. P. 27–44.
- 100. Тикунов В.С. Математизация тематической картографии. Препринт. Тихоокеанский институт географии. Владивосток, 1986, 24 с.
- 101. *Тикунов В.С.* М. Konečný, K. Rais Geografické informační systémy. Folia přírodověd. fak. UJEP v Brně, 1985, 26, N 13, 196 s. Известия Всесоюзного географич. общества, 1986. Т. 118. Вып.6. С. 555–556.
- 102. *Тикунов В.С.* Применение методов моделирования тематического содержания карт в области социальной экологии. Роль географии в ускорении научно-технического прогресса. Тезисы докл. VIII совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1986. Вып. І. С. 113-115.
- 103. *Баюра В.Н., Тикунов В.С.* Общеэкономическая типология губерний и районирование Европейской России на рубеже XIX–XX веков методами математико-картографического моделирования. Тематическое системное картографирование с использованием автоматики и дистанционных методов. М.: МФ ВГО, 1986. С. 51–62.
- 104. *Кравцова В.И., Тикунов В.С.* Информационная обеспеченность географических исследований. Тематическое системное картографирование с использованием автоматики и дистанционных методов. М.: МФ ВГО, 1986. С. 70–86.

- 105. Неронов В.М., Малхазова С.М., Тикунов В.С. Опыт районирования нозоареала кожных лейшманиозов в Старом Свете. Медицинская паразитология и паразитарные болезни, 1986. No 2. C. 49–55.
- 106. *Сиголаева Е.А.*, *Тикунов В.С.* Математико-картографическое моделирование хозяйственной освоенности Атлантического океана. География и природные ресурсы, 1986. No 4. C. 113–121.
- $107.\ Tикунов\ B.C.$  Использование карт в науках о Земле. Геодезия и картография, 1986. No 8. C. 60–61.
- 108. Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Моделирование и автоматизированное создание тематических карт. Моделирование окружающей среды. Л.: ВГО, 1986. С. 121–128.
- 109. Тикунов В.С. Теоретические направления развития методов моделирования тематического содержания карт. Географическая картография. Взгляд в будущее. М.: Издательство Московского университета, 1986. С. 53–62.
- 110. Тикунов В.С. Анаморфированные картографические изображения: история и способы их создания. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1986. № 6. С. 45–52.
- 111. *Тикунов В.С., Юдин С.А.* Использование анаморфированных картографических изображений в градостроительном анализе. Известия АН СССР. Серия географич., 1987. № 1. С.100–105.

*Tikunov V.S., Yudin S.A.* Use of transformed cartographic images in urban construction studies. Mapping sciences and remote sensing, 1987. V. 24. No 3. P. 202–208.

112. *Тикунов В.С.* Некоторые дискуссионные вопросы картографии. География и природные ресурсы, 1987.  $\mathbb{N}_2$  2. С. 147–152.

то же

*Tikunov V.S.* Some debatable issues in cartography. Mapping sciences and remote sensing, 1987. V. 24. No 4. P. 313–319.

- 113. *Tikunov V.S.* Tendencies in thematic cartographic modeling. Abstracts of papers Euro-Carto VI. Brno, 1987. P. 29–30.
- 114. Берлянт А.М., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Принципы и методика использования географических карт для формирования банков данных. Банки географических данных для тематического картографирования. М.: Издательство Московского университета, 1987. С. 38–47.
- 115. Тикунов В.С. Использование статистической информации для формирования банков данных. Банки географических данных для тематического картографирования. М.: Издательство Московского университета, 1987. С. 59–72.
- 116. Жуков В.Т., Мурашкина С.И., Тикунов В.С. Особенности использования банков данных для создания тематических карт. Банки географических данных для тематического картографирования. М.: Издательство Московского университета, 1987. С. 131–140.
- 117. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Применение банков данных для целей математико-картографического моделирования. Банки географических данных для тематического картографирования. М.: Издательство Московского университета, 1987. С. 140–147.
- 118. *Тикунов В.С.* Системное картографирование Мирового океана. III съезд советских океанологов. Тезисы докл. Секция: Физика и химия океана. Полярная и региональная океанология. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. С. 116–117.
- 119. Тикунов В.С. Перспективы тематического картографирования Мирового океана. Мировой океан. Дополнения. Понятия. Термины. Серия: География Мирового океана. Л.: Наука, 1987. С. 163–168.
- 120. *Тикунов В.С.* Тенденции в области моделирования в тематической картографии. Картография в эпоху НТР: теория, методы, практика. Тезисы докл. Всесоюзн. совещания по картографии. М.: 1987. С. 78–79.

- 121. *Крючков В.Г., Тикунов В.С.* Типология сельскохозяйственного использования земель Московской области на основе применения алгоритма автоматической классификации. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1987. № 5. С. 19–22.
- 122. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Сериал по количественным методам. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1987. № 5. С. 105–107.
- 123. *Tikunov V.S.* Aktuelle Probleme der theoretischen Kartographie. Petermanns geogr. Mitt., 1987. T. 131. Nu 4. S. 275–278 (на немецком языке).
- 124. Тикунов В.С. Вопросы моделирования в картографии. Научно-технический прогресс и проблемы теории картографии. М.: МФ ВГО, 1987. С. 68–77.
- 125. *Tikunov V.S.* Classification and mapping of fuzzy geographic systems. Sbornik praci k 80. narozeninam univ. prof. RNDR. ing. Bohuslava Simaka, sb. 16. Brno, 1988. S. 55–71.
- 126. *Tikunov V.S.* Theoretische Entwicklungsrichtungen der Modellierungsmethoden thematischer Karteninhalte. Petermanns geogr. Mitt., 1988. T. 132. Nu 1. S. 41–45 (на немецком языке).
- 127. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Проблемы использования методов автоматической классификации в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1988. № 1. С. 80–86.
- 128. *Евдокимова А.К., Солнцева О.И., Тикунов В.С.* Изучение распределения тяжёлых металлов для характеристики археологических объектов (на примере средневековых городищ Средней Азии). География и природные ресурсы, 1988. № 1. С. 97–104.
- 129. *Горностаева Г.А., Тикунов В.С.* Современные особенности структуры хозяйства городов Московской области. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1988. № 3. С. 20–29.

- Gornostayeva G.A., Tikunov V.S. Current characteristics of the economic structure of Moscow Oblast cities. Soviet Geography: Review and Translation, 1989. V. XXX. No 2. P. 91–102.
- 130. Тикунов В.С. Направления развития тематической картографии. Картография и научнотехнический прогресс (кн. 1). Тезисы докл. ІХ Всесоюзн. конф. по тематическому картографированию, Харьков, сентябрь 1988 г. Л.: 1988. С. 35–36.
- 131. *Тикунов В.С.* Топологические методы в картографии. Геодезия и картография, 1988. № 7. С. 57–58.
- 132. *Tikunov V.S.* Anamorphated cartographic images: historical outline and construction techniques. Cartography (Austral.), 1988. V. 17. No 1. P. 1–8.
- 133. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Региональные геоинформационные системы. География и природные ресурсы, 1988. № 4. С.167–168.
- 134. *Tikunov V.S.* Mathematic and cartographic modeling in training and research in Moscow university. Proceedings of the 13th International Cartogr. conference, Morelia, Oct. 12–21, 1987. Aguascalientes, 1988. V. 2. P. 531–533.
- 135. *Тикунов В.С.* Ежегодный съезд ассоциации американских географов (Портленд, Орегон, 21–26 апреля 1987 г.). Известия Всесоюзн. Географического общества, 1988. Т. 120. Вып. 5. С. 477–478.
- 136. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Серия по экономическому и социальному планированию. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1988. № 6. С. 107–109.
- 137. *Горностаева Г.А., Тикунов В.С.* Математико-картографические методы изучения динамики функций городов Московского региона. Проблемы комплексного картографирования Московского региона. М.: МФ ВГО, 1988. С. 33–49.
- 138. Алексеев А.И., Ефанова Н.А., Монтиель С., Тикунов В.С. Опыт социально-экономической типологии муниципий Кубы. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1989. Т. 121. Вып.1. С. 72–77.

- 139. Вежник А., Конечный М., Тикунов В.С. Типология динамики урожайности сельскохозяйственных культур. География и природные ресурсы, 1989. № 1. С. 174—182.
- 140. *Tikunov V.S.* Moderné prostriedky výskumu systému "spoločnost-prírodné prostredie". Geografický časopis, 1989. R. 41. Č. 2. S. 171–181 (на чешском языке).
- 141. *Тикунов В.С.* Классификация и картографирование нечётких географических систем. Вестник Московского университета. Сер. геогр., 1989. № 3. С. 16–23.

- *Tikunov V.S.* The classification and mapping of Imprecise Geographic Systems. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1990. V. 27. No 1. P. 29–37.
- 142. *Кошкарёв А.В.*, *Тикунов В.С.* Публикации по геоинформатике. Геодезия и картография, 1989. № 6. С. 57–58.
- 143. Тикунов В.С. Экспертные системы и их роль в изучении структуры географических образований. Новые подходы к структурно-динамическим исследованиям геосистем. Казань, Тат. филиал Геогр. общества СССР, 1989. С. 121–122.
- 144. *Koshkariov A.V., Tikunov V.S., Trofimov A.M.* The current state and the main trends in the development of geographical information systems in the USSR. International Journal of Geographical Information Systems, 1989. V. 3. No 3. P. 257–272.
- 145. *Суетова И.А.*, *Тикунов В.С.* Оценка вероятной биопродуктивности акваторий Атлантического океана, перспективных для рыболовства. География и природные ресурсы, 1989. № 3. С. 134–139.
- 146. *Глушко Е.В., Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Космические методы исследования природно-очаговых болезней. Тезисы докл. XII Всесоюзн. конф. по природной очаговости болезней. Новосибирск, 10–12 октября 1989 г. Новосибирск: 1989. С. 20–21.
- 147. *Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Опыт изучения пространственно-временных особенностей очаговой территории. Тезисы докл. XII Всесоюзн. конф. по природной очаговости болезней. Новосибирск, 10–12 октября 1989 г. Новосибирск: 1989. С. 31–32.
- 148. *Тикунов В.С.* Современные средства исследования системы «общество-природная среда». Известия Всесоюзного Географич. общества, 1989. Т. 121. Вып. 4. С. 299–306.
- 149. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Природнохозяйственная типология заполярных районов Северо-Востока ЕТС в целях организации мониторинга загрязнения природной среды. Стратегия социально-экологического развития Крайнего Севера. Всесоюзное совещание, г. Нарьян-Мар. Тезисы докл. М.: 1989. С. 204–205.
- 150. Пипкин Дж.С., Тикунов В.С. Применение анаморфоз для изучения социально-экономических объектов. Известия Всесоюзного Географич. общества, 1989. Т. 121. Вып. 5. С. 433–437.

то же

- *Tikunov V.S.*, *Pipkin J.S.* Use of transformed images in the study of social and economic features. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1990. V. 27. No 3. P. 225–230.
- 151. *Гарейшин Р.З., Тикунов В.С.* Методологические вопросы практики природоохранного проектирования. Эколого-географическое картографирование и оптимизация природопользования в Сибири. Вып. III. Иркутск: 1989. С. 142–143.
- 152. *Гарейшин Р.З., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Геоинформационная технология для изучения и управления антропогенно-природными системами. Эколого-географическое картографирование и оптимизация природопользования в Сибири. Вып. III. Иркутск, 1989. С. 144–145.
- 153. Тикунов В.С. Исследования по искусственному интеллекту и экспертные системы в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1989. № 6. С. 3–9.

то же

*Tikunov V.S.* Research on artificial intelligence and expert systems in geography. Soviet Geography, 1990. V. XXXI. No 2. P. 126–133.

- 154. *Рубцов В.А., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Научная географическая серия. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1989. № 6. С. 82–83.
- 155. Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С. Состояние, проблемы и перспективы классификаций в географии. Классификация в современной науке. Новосибирск: Наука, Сибирское отделение, 1989. С. 119–129.
- 156. *Tikunov V.S.* Modern research tools on the "Society-Natural Environment" System in Soviet geography. Journal of Environmental Systems, 1989–90. V. 19. No 1. P. 59–69.
- 157. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Численные методы создания анаморфированных картографических изображений. Геодезия и картография, 1990. № 1. С. 38–44.
- 158. Борисов В.М., Осипов В.А., Тикунов В.С. Вопросы разработки компьютерной системы экологической экспертизы на базе ПЭВМ. Информатика вычислительных систем. М.: Издательство Московского университета, 1990. С. 111–115.
- 159. *Jewsejew A.W.,Tikunow W.S., Zierdt M.* Erfahrungen bei der Erstellung von Karten zur Bewertung und Prognose der Luftverschmutzung einer Stadt mittels Naturindikatoren (am Beispiel der Stadt Tallin). Landschaft+Stadt, 1990. T. 22. No 1. S. 5–11 (на немецком языке).
- 160. *Tikunov V.S.* Récherches dans le domaine de l'intelligence artificielle et systèmes experts en géographie. Annales de géographie, 1990. V. 99. No 552. P. 129–140 (на французском языке).
- 161. *Евсеев А.В., Тикунов В.С.* Природно-хозяйственная типология Севера Средней Сибири для целей организации фонового мониторинга. Экология, 1990. № 2. С. 3–9.
- 162. *Нургалеев Э.Х., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Глобальный ресурсный информационный банк данных (GRID). Вестник Московского университета. Сер. геогр., 1990. № 3. С. 117–119.
- 163. *Тикунов В.С.* Средства географических исследований. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1990. № 4. С. 41–46.
- 164. *Трофимов А.М., Тикунов В.С., Нургалеев Э.Х.* Глобальная система мониторинга и ресурсный банк данных в международной программе изучения окружающей среды. География и природные ресурсы, 1990. № 2. С. 27–31.
- 165. *Tikunov V.S.* Some controversial issues of cartography. New Zealand Cartographic Journal, 1990. V. 20. No 1. P. 1–6.
- 166. *Глушко Е.В., Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Моделирование тематического содержания синтетических медико-географических карт. Региональные медико-географические атласы и их роль в улучшении антропо-экологической обстановки. Тбилиси, 1990. С. 50–51.
- 167. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Эколого-географическая характеристика территории Кольского полуострова для целей организации фоновых наблюдений. Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. Вып. 6. С. 203–210.
- 168. *Евдокимова А.К.*, *Буряков Ю.Ф.*, *Тикунов В.С.*, *Солнцева О.И*. Особенности формирования геохимических аномалий в крупных городах Ташкентского оазиса в III—XVI веках н.э. Ландшафтно-геохимические исследования антропогенных систем. М.: МФ ГО, 1990. С. 3–19.
- 169. Батоян В.В., Тикунов В.С. Анализ геохимической структуры донных осадков с применением многомерных математических классификаций. Ландшафтно-геохимические исследования антропогенных систем. М.: МФ ГО, 1990. С. 36–48.
- 170. *Тикунов В.С.* Географические информационные системы для обеспечения работ по составлению территориальных комплексных схем охраны окружающей среды. Картографическое обеспечение народнохозяйственной практики. М.: МФ ГО, 1990. С. 20—29.
- 171. *Тикунов В.С.* Многовариантность моделирования географических систем. Известия АН СССР. Серия географич., 1990. № 5. С. 106–118.
- 172. *Мараховский Я.М., Тикунов В.С.* Некоторые структуры для представления пространственных данных в географических информационных системах. Автоматизированная картография и геоинформатика. М.: МГУ, 1990. С. 41–63.

- 173. Тикунов В.С. Компьютерные географические игры. Наука и жизнь, 1990. № 11. С. 23.
- 174. *Капица А.П., Невяжский И.И., Тикунов В.С.* Антропогенно-природные системы и методы их изучения. Проблемы комплексного территориального планирования и географо-экономического анализа природопользования в автономных республиках и перспективы их решения в новых условиях хозяйствования и управления. Саранск, 1990. С. 10–11.
- 175. Богомолов Н.А., Борисов В.М., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Экспертная система для выбора вариантов тематического содержания эколого-географических карт размещения промышленности. Проблемы комплексного территориального планирования и географо-экономического анализа природопользования в автономных республиках и перспективы их решения в новых условиях хозяйствования и управления. Саранск, 1990. С. 17–18.
- 176. *Гриффит Д.А., Тикунов В.С.* Сравнительный анализ алгоритмов моделирования содержания типологических карт. Геодезия и картография, 1990. № 8. С. 39–43.
- 177. *Tikunov V.S.* Geographische Informationssysteme Zweck, Struktur, Ezfahrungen. Vermessungstechnik, Berlin, 1990. T. 38. No 10. S. 328–331 (на немецком языке).
- 178. *Маркус Я.М., Невяжский И.И., Тикунов В.С.* Антропогенно-природные системы как предмет эколого-географических исследований. Геоэкология: региональные аспекты. Л., 1990. С. 125–126.
- 179. Тикунов В.С. Методы и средства географических исследований. Современные методы эколого-географических исследований. Л., 1990. С. 13–15.
- 180. *Gareishin R.Z.*, *Tikunov V.S.*, *Trofimov A.M.* Geographic information systems to study and manage anthropogenic-natural complexes. Reg. Conf. Asian Pacif. Countries Int. Geogr. Union, Beijing, August 13–20, 1990: Abstracts. 1990. V. 2. P. 13–43.
- 181. Пудовик Е.М., Тикунов В.С., Трофимов А.М. Серия изданий «География и изучение городов». Вестник Московского университета. Серия геогр., 1990. № 6. С. 105–106.
- 182. *Невяжский И., Тикунов В.* Пространственные структуры картографический аспект. 9 Kartograficka konferencia s medzinarodnou ucastou, 25–27 oktober 1990, Presov. 1990. C. 40–48.
- 183. *Тикунов В.С.* Географические информационные системы: сущность, структура, перспективы. Картография и геоинформатика. Итоги науки и техники. Серия Картография. М.: ВИНИТИ АН СССР, 1991. Т. 14. С. 6–79.
- 184. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Компьютеры и география. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1991. № 1. С. 105.
- 185. *Solntseva O.I.*, *Tikunov V.S.* The status of geographic information systems in the USSR. ITC Journal, 1991. No 1. P. 34–38.
- 186. *Krasovskaia T.M., Tikunov V.S.* Geographical Information System for environmental impact assessment. Proceedings of the Second European Conference on Geographical Information Systems, Brussels, Belgium, April 2–5, 1991. EGIS Foundation, 1991. V. 1. P. 574–580.
- 187. *Borisov V.M.*, *Gromov S.A.*, *Tikunov V.S.* Geographic Information System representing air pollution in an area. Geographic Information Systems. Multiple Representation and Multiple Uses, April 22–25, 1991, Brno. Abstracts of papers. 1991. P. 61–62.
- 188. *Бабушкин М.Н., Невяжский И.И., Тикунов В.С.* Концепция формирования системы информации для рационального природопользования и экспертные системы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1991. № 2. С. 23–29.
- 189. *Касимов Н.С., Тикунов В.С.* IX съезд Географического общества СССР. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1991. № 2. С. 111–112.
- 190. *Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Теоретические и методические аспекты развития географических информационных систем. География и природные ресурсы, 1991. № 1. С. 11–16.
- 191. *Tikunov V.S.* Geographic information systems and cartography. Proceedings Eurocarto IX, 1991. Warszawa, 1991. P. 82–87.

- 192. Тикунов В.С., Суетова И.А. Географическая информационная система для учёта и оценок распределения живого вещества в океане. Проблемы рыбопромыслового прогнозирования. Тезисы докл. Всесоюзн. научной конф., 5–7 июня 1991 г., Калининград. 1991. С. 65–66.
- 193. Тикунов В.С., Трофимов А.М. Эконометрика и география. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1991. № 4. С. 97–98.
- 194. *Krasovskaia T.M., Tikunov V.S.* Evaluation of ecological situation in subpolar regions with the help of geoinformation technology. Environmental change and GIS, Asahikawa, 1991. V. 2. P. 243–250.
- 195. Семёнов В.И., Солнцева О.И., Тикунов В.С. Геоинформатика: понятия, этапы развития. Геодезия и картография, 1991. № 5. С. 35–37.
- 196. *Тикунов В.С.* Некоторые теоретические вопросы картографии. Геодезия и картография, 1991. № 7. С. 27–31.

- *Tikunov V.S.* Some theoretical trends in cartography. Geodesy and Cartography, 1991. № 7. P. 32–36.
- 197. *Neviazhskiy J.I., Tikunov V.S.* Geoinformation technologies for studies of anthropogenic-natural systems. Resource Management and Optimization, 1991. V. 8. No 2. P. 73–82.
- 198. *Солнцева О.И.*, *Тикунов В.С.* XIX Конгресс международной федерации геодезистов территориальные информационные системы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1991. № 5. С. 91–95.
- 199. Тикунов В.С. Географические информационные системы и картография. Экологическое картографирование на современном этапе. Кн. І. Л., 1991. С. 14–17.
- 200. Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С. Метод построения анаморфированных картографических изображений. Экологическое картографирование на современном этапе. Кн. І. Л., 1991. С. 29–31.
- 201. *Малхазова С.М., Каримова Т.Ю., Тикунов В.С.* Медико-географические аспекты профилактики природноочаговых болезней. Реализация и пути повышения эффективности медико-географических исследований. Л.: ВГО, 1991. С. 55.
- 202. Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Методы географии. География в школе, 1991. № 5. С. 5–8.
- 203. *Tikunov V.S.* Some theoretical trends in cartographical studies in the USSR. Report of the Commission on Concepts in Cartography. Tokyo, 1991. P. 104–115.
- 204. Суетова И.А., Тикунов В.С. Методика оценки географического распределения живого вещества (на примере Индийского океана). Жизнь Земли. Экологические проблемы и природоохранное образование. М.: Издательство Московского университета, 1991. С. 58—63
- 205. *Евсеев А.В., Тикунов В.С., Цирд М.* Опыт составления оценочных и прогнозных карт загрязнения воздушного бассейна города по данным природной индикации (на примере г. Таллинн). Ландшафтно-экологические исследования и практика. М.: МФ ГО, 1991. С. 35—50.
- 206. Евсеев А.В., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Природно-хозяйственная типология советского Заполярья для целей мониторинга изменений природной среды. Комплексный мониторинг и практика. М., 1991. С. 196–197.
- 207. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Approaches to classification of foci areas according to characteristics of natural ecosystems. Abstracts of Fourth International Seminar on Medical Geography "The Medical Geography and the Ecosystems". Roma: Universita degli Studi "La Sapienza", 1991. P. 3.
- 208. Неронов В.М., Малхазова С.М., Тикунов В.С. Региональная география чумы. Итоги науки и техники. Медицинская география. М.: ВИНИТИ АН СССР, 1991. Т. 17. 231 с.

- 209. *Glushko E.V., Tikunov V.S.* Space mapping monitoring of ecological crisis zones geosystems in the USSR. International Seminar on Monitoring Geosystems. Perspectives for the 21<sup>st</sup> Century. Souvenir and Abstracts. Dec. 6–9, 1991, University of Delhi, India. 1991. P. 38.
- 210. *Glushko E.V., Malkhazova S.M., Tikunov V.S.* Space monitoring of the spread and dynamics of natural-focus diseases (as evidenced by plague in Kyzyl-Kum). Geographia Medica. Budapest, 1991. V. 21. P. 77–88.
- 211. Semenov V.I., Solntseva O.I., Tikunov V.S. Informatique géographique et cartographie: concepts et état des choses en URSS. Bulletin du Comité Français de Cartographie, 1991. No 130. P. 35–39 (на французском языке).
- 212. Невяжский И.И., Тикунов В.С. Изучение пространственных структур геосистем. Проблемы управления территориальными системами. Казань: Издательство Казанского университета, 1991. С. 102–109.
- 213. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Опыт создания и использования анаморфоз. Известия высших учебных заведений. Серия геодезия и аэрофотосъёмка, 1991. № 4. С. 142–152.
- 214. *Tikunov V.S.*, *Borisov V.M.* International GIS: Soviet Union. 1991–92 International GIS Sourcebook. Geographic Information System Technology in 1991. 1991. P. 460–461.
- 215. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф., Лищенко В.В.* Моделирование и картографирование хозяйственной освоенности территории. Известия высших учебных заведений. Серия геодезия и аэрофотосъёмка, 1991. № 5. С. 144—154.
- 216. Малхазова С.М., Тикунов В.С. Подходы к пространственной дифференциации ареала для медикогеографических целей. Экологическое районирование территории: методы и разработки. Иркутск, 1991. С. 169–170.
- 217. Тикунов В.С., Трофимов А.М. Устойчивость и стабильность геосистем (модельный аспект). География и природные ресурсы, 1992. № 1. С. 176–177.
- 218. *Serapinas B.B.*, *Tikunov V.S.* The "Nations of the world" map: view from Moscow. New Zealand Cartography and Geographic Information Systems, 1992. V. 22. No 1. P. 22.
- 219. Солнцева О.И., Тикунов В.С. Европейская конференция по географическим информационным системам (Обзор, цели, использование). Геодезия и картография, 1992. № 1. С. 43–47.
- 220. *Солнцева О.И.*, *Тикунов В.С*. Европейская конференция по географическим информационным системам (ГИС для решения социальных задач и получения информации о территории). Геодезия и картография, 1992. № 2. С. 42–43.
- 221. *Глушко Е.В.*, *Малхазова С.М.*, *Тикунов В.С.* Ландшафтная оценка размещения и динамики эпизоотий чумы среди грызунов в пустыне Кызыл-Кум по космическим снимкам. География и природные ресурсы, 1992. № 2. С. 143–152.
- 222. *Tikunov V.S.* Teaching of Geoinformatics in Moscow University. Third European Conference on Geographical Information Systems. Munich, Germany, March 23–26, 1992. EGIS Foundation, 1992. V. 1. P. 606–609.
- 223. *Akimenkov N.V., Borisov V.M., Tikunov V.S.* Geographical Information System for radiological monitoring of natural environment. Third European Conference on Geographical Information Systems, Munich, Germany, March 23–26, 1992. EGIS Foundation, 1992. V. 1. P. 666–671.
- 224. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Комиссия «Математические модели» Международного Географического Союза. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1992. № 3. С. 78–83.
- 225. *Permitin V.E.*, *Tikunov V.S.* Environmental monitoring in the USSR: present state and new tasks. International Journal of Environmental Studies, 1992. V. 40. P. 67–77.
- 226. *Богомолов Н.А.*, *Борисов В.М.*, *Красовская Т.М.*, *Тикунов В.С.* Экспертная система для выбора вариантов содержания карт размещения промышленности. Геодезия и картография, 1992. № 5. С. 37–41.

- 227. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* New methods of compilation of anamorphosises and their using. Proceedings of 5<sup>th</sup> International Symposium on Spatial Data Handling. August 3–7, 1992. Charleston, South Carolina, USA. V. 1. P. 51–62.
- 228. *Golubev G.N., Kasimov N.S., Tikunov V.S.* Geoinformatic and cartographic "backstopping" of Russian Environmental Programmes. Eurocarto X. Pan-European Environmental Policy: some relevant GIS applications. Trinity College, Oxford, 16–18 September 1992. P. 20.
- 229. *Борисов В.М., Громов С.А., Тикунов В.С.* Географическая информационная система для характеристики воздушного загрязнения территории. География и природные ресурсы, 1992. № 3. С. 151–154.
- 230. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Создание анаморфированных изображений для географических исследований. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1992. № 4. С. 43–52.
- 231. *Бердников К.В., Тикунов В.С.* Данные, информация, знания в картографии и геоинформатике. Известия Русского географического общества, 1992. Т. 124. Вып. 4. С. 369–374.
- 232. *Лурье И.К., Тикунов В.С.* Географические информационные системы. Геодезия и картография, 1992. № 8. С. 56–57.
- 233. *Комедчиков Н.Н., Светлосанов В.А., Тикунов В.С.* Методы прогноза и рационализации территориальной структуры использования земель в сельском хозяйстве (на примере Кабардино-Балкарии). Известия Академии наук. Серия географич., 1992. № 4. С. 97–105.
- 234. *Borisov V.M.*, *Tikunov V.S.* International GIS: Russia–1993. International GIS Sourcebook. Geographic Information System Technology in 1992. 1992. P. 296–298.
- 235. *Мюллер Б., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Географические информационные системы в проектах программы «Человек и биосфера». Вестник Московского университета. Серия геогр., 1992. № 5. С. 111–112.
- 236. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Approaches to classifying focal territory according to natural ecosystem characteristics. La geografia medica e gli ecosistemi. Quarto seminario internazionale di geografia medica. Roma, 4–6 dicembre 1991. RUX Editrice, Perugia, 1992. P. 65–72.
- 237. Голубева Н.И., Евсеев А.В., Королёва О.Ю., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Эколого-геохимическая оценка состояния природной среды г. Апатиты. Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий. Ярославль, 1992. С. 39.
- 238. Борисов В.М., Громов С.А., Тикунов В.С. Географическая информационная система для характеристики воздушного загрязнения территории города. Физико-географические аспекты изучения урбанизированных территорий. Ярославль, 1992. С. 89.
- 239. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Approaches to classification on foci areas according to characteristics of natural ecosystem. Geographia Medica, Budapest, 1992. V. 22. P. 98–99.
- 240. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Географические информационные системы для исследования изменений окружающей среды. География и природные ресурсы, 1992. № 4. С. 175–177.
- 241. *Tikunov V.S.* I mezzi delle ricerche geografiche. Bollettino della Societa Geografica Italiana. Roma, 1992. Ser. XI. V. IX. No 10–12. P. 629–636 (на итальянском языке).
- 242. *Tikunov V.S.*, *Trofimov A.M.* The principal aspects of management process of the geographical systems. Geograficky casopis, 1992. R. 44. C. 4. P. 321–329.
- 243. Borisov V.M., Tikunov V.S., Gromov S.A. Geographic information system representing air pollution in an area. Computers, environment and urban systems, 1992. V. 16. No 4. P. 385–388.
- 244. *Tikunov V.S.* Emerging technologies for geography. 27<sup>th</sup> International Geographical Congress. Proceedings. Washington, 1992. P. 133–134.
- 245. Лурье И.К., Тикунов В.С. Подготовка специалистов в области геоинформатики. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1993. № 1. С. 116–118.

- 246. *Golubev G.N., Kasimov N.S., Tikunov V.S.* Geoinformatic and cartographic backstopping of Russian Environmental Programms. Proceedings of the First Sharjah Conference on Geographic Information Systems and Applications. Sharjah, U.A.E., 1993. P. 18,1–18,8.
- 247. *Tikunov V.S.* Modeling of spatial and meaningful structures in geographic information systems. Fourth European Conference on Geographical Information Systems. Genoa, Italy, March 29–April 1, 1993. EGIS Foundation, 1993. V. 2. P. 1286–1293.
- 248. Геннадиев А.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. 27-й Международный географический конгресс. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1993. № 2. С. 101–103.
- 249. *Tikunov V.S.* Theoretical issues in cartographic modeling. Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Cartographic Conference. Cologne, 3–9 May 1993. Bielefeld, 1993. V. 2. P. 755–767.
- 250. *Golubev G.N., Kasimov N.S., Tikunov V.S.* Geoinformatic and cartographic backstopping of environmental programmes. Map, 1993. V. 31. No 1. P. 18–23 (на японском языке).
- 251 *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* Arrangements of systems of central places and their representation with the use of anamorphosises. European Regional Science Association. The 33<sup>rd</sup> European Congress. Moscow, Russian Federation, August 24–27, 1993. Abstracts of papers. 1993. P. 68.
- 252. Тикунов В.С. Картография и геоинформатика: общность корней и путей развития. Геоинформационное картографирование. М.: МЦ РГО, 1993. С. 38–46.
- 253. Алексеев А.И., Тикунов В.С., Борзилова А.М., Ревзина Л.Б. Применение Q-схемы корреляционного анализа в геоинформационном блоке моделирования. Геоинформационное картографирование. М.: МЦ РГО, 1993. С. 139–153.
- 254. *Kosiedowski W., Tikunow W.S.* Problemy metodyczne klasyfikacji ekonomiczno-przestrzennej. Wiadomości statystyczne, 1993. No 5. S. 40–43 (на польском языке).
- 255. *Borisov V.M.*, *Krasovskaia T.M.*, *Tikunov V.S.* Expert system for thematic contents selection of ecological-geographic maps for industries location. Abstracts of the Third Codata Conference on Geomathematics and Geostatistics, ITC. Enschede, Netherlands, June 7–11, 1993. P. 27.
- 256. *Tikunov V.S.*, *Borisov V.M.*, *Krasovskaia T.M.* Expert system for thematic contents selection of ecological-geographic maps for industries location. Proceedings IGARSS'93, 1993. V. 1. P. 183–185.
- 257. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Глобальные изменения. Географические подходы. Известия Академии наук. Серия географич., 1993. № 2. С. 132–133.
- 258. *Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Геоинформатика: становление научных и прикладных исследований. Известия Академии наук. Серия географич., 1993. № 3. С. 55–67.
- 259. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Оценка перспектив размещения сети фонового мониторинга в Заполярье. География и природные ресурсы,1993. № 2. С. 37–44.
- 260. *Карпович Л.Л., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Моделирование и картографирование сельскохозяйственного воздействия на природную среду. Геодезия и картография, 1993. № 5. С. 41–45.
- 261. *Анерт Ф., Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Динамическое состояние геоморфологических систем. Геоморфология, 1993. № 2. С. 110.
- 262. *Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Применение анаморфоз при изучении пространственных различий в распространении природно-эндемичных болезней. Известия Русского географического общества, 1993. Т. 125. Вып. 5. С. 86–93.
- 263. *Тикунов В.С., Фетисов А.С.* Оценочно-типологический подход при изучении зарубежных стран. Вопросы экономической и политической географии зарубежных стран. Вып. 13. Проблемы общественной географии. М., 1993. С. 114–132.
- 264. Антонов А.В., Тикунов В.С. Европейская конференция по географическим информационным системам. Геодезия и картография, 1993. № 9. С. 59–61.

- 265 Комедчиков Н.Н., Тикунов В.С. Каким быть школьному атласу (анализ австрийского атласа для средней школы). География в школе, 1993. № 4. С. 76–77, 79.
- 266. Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1993. 213 с.
- 267. *Бугроменко В.Н.*, *Лебедев П.П.*, *Лютый А.А.*, *Тикунов В.С.* О комплексном атласе «Транспорт России». Геодезия и картография, 1993. № 12. С. 36–40.
- 268. *Гусейн-Заде С.М., Суетова И.А., Тикунов В.С.* Опыт корреляционного анализа явлений с использованием анаморфированных изображений. Геодезия и картография, 1993. № 12. С. 40–45.
- 269. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* A new technique for constructing continuous cartograms. Cartography and Geographic Information Systems, 1993. V. 20. No 3. P. 167–173.
- 270. *Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Медико-географический подход к оценке кризисных экологических ситуаций. География. Издательство Московского университета, 1993. С. 171–181.
- 271. Тикунов В.С. От формальных к содержательным геоинформационным системам. Географические информационные системы (теория и практика). СПб, 1993. С. 9–10.
- 272. Глушко Е.В., Почапинский А.А., Тикунов В.С. Моделирование динамики ландшафтов Южного Приаралья по космическим снимкам. Проблемы географии пустынь, 1994. № 2. С. 9–16.
- 273. Тикунов В.С. Геоинформатика на международной арене. Географические информационные системы. Теория и практика. СПб, 1994. С. 6–7.
- 274. *Berdnikov K.V., Tikunov V.S.* Data, information and knowledge in cartography and geoinformatics. EGIS/MARI'94. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems. Paris, France, March 29 April 1, 1994. EGIS Foundation, 1994. V. 2. P. 1140–1146.
- 275. *Tikunov V.S.*, *Krasovskaia T.M.* Ecological GIS for the Khibiny Mountain Region. EGIS/MARI'94. Fifth European Conference and Exhibition on Geographical Information Systems. Paris, France, March 29 April 1, 1994. EGIS Foundation, 1994. V. 2. P. 2001.
- 276. *Tikunov V.S.*, *Musin O.R.* Spatial and meaningful aspects of generalization. Asia GIS/LIS AM/FM and Spatial Analysis Conference, 28–31 March 1994, Hong Kong. Programme & Paper Abstracts, 1994. P. 85.
- 277. *Tikunov V.S.* The status of environmental GIS in Russia. International Symposium on Regional Environmental Change and GIS, April 3–5, 1994, Japan. 1994. P. 16–20.
- 278. *Тикунов В.С.* Проявление нечёткости знаний в процессе моделирования географических систем. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1994. № 2. С. 9–16.
- 279. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* The transformed image in geographical analysis. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1993. V. 30. No 4. P. 306–319.
- 280. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* Compilation of linear transformed images. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1994. V. 31. No 1. P. 33–48.
- 281. Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S. Analog methods in the compilation of areal transformed images. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1994. V. 31. No 1. P. 49–65.
- 282. Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S. Numerical methods in the compilation of transformed images. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1994. V. 31. No 1. P. 66–85.
- 283. *Tikunov V.S.*, *Yanvareva L.F.* Ecologic-geographical mapping: concepts, methods, technology. InterCarto. GIS for Environmental Studies and Mapping Conference: Proceedings. 23–25 May 1994, Moscow, Russia. 1994. V. 1. P. 1–6.
- 284. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Analysis of spatial differences in the health of the population of the World (with the examples of natural-endemic diseases). InterCarto. GIS for Environmental Studies and Mapping Conference: Proceedings. 23–25 May 1994, Moscow, Russia. 1994. V. 1. P.105–110.

- 285. *Borisov V.M.*, *Gromov S.A.*, *Tikunov V.S.* A Geographic Information System for depicting the spatial extent of air pollution. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1994. V. 31. No 2. P. 102–106.
- 286. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* Applications of transformed images in geographical analysis. Mapping Sciences and Remote Sensing, 1994. V. 31. No 2. P. 107–123.
- 287. Тикунов В.С. Новый журнал «ГИС-Обозрение». ГИС-Обозрение, 1994. № 1. С. 2.
- 288 *Тикунов В.С.* Геоинформационные системы что это такое? ГИС-Обозрение, 1994. № 1. С. 8–9, 11.
- 289 *Тикунов В.С.* ИнтерКарто: ГИС для изучения и картографирования окружающей среды. ГИС-Обозрение, 1994. № 1. С. 55–56.
- 290. *Tikunov V.S., Krasovskaia T.M.* Environmental impact assessment: Russian experience of spatial analysis for GIS technologies. Sustainable Development and Environmental Impact Assessment. Seoul, Korea, 1994. P. 145–154.

- *Tikunov V.S., Krasovskaia T.M.* Environmental impact assessment: Russian experience of spatial analysis for GIS technologies. Journal of Environmental Impact Assessment, 1994. V. 3. No 1. P. 69–76.
- 291. *Koshkariov A.V., Krasovskaia T.M., Tikunov V.S.* Towards resolving the problems of regional development in the mountains of the Commonwealth of Independent States using geographic information systems. Mountain Environments and Geographic Information Systems. Taylor & Francis, London, 1994. P. 77–97.
- 292. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* Use of anamorphated cartographic images in urban planning. Proceedings of XX Congress of FIG. Commission 8. Urban Land Systems: Planning and Environment. Melbourne, Australia, March 5–12, 1994. P. 853–859.
- 293. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Analysis of spatial differences in the health of the population of the world (with the example of natural-endemic diseases). Program & Abstracts of the 6<sup>th</sup> International Medical Geography Symposium. July 12–16, 1994, Vancouver, B.C. Canada. 1994. P. 35.
- 294. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Modeling of the medical geographical state of Russia. Regional Conference of the International Geographical Union "Environment and Quality of Life in Central Europe: Problems of Transition". Prague, August 22–26, 1994. Conference Abstracts, 1994. P. 96.
- 295. *Tikunov V.S.* Fuzzy knowledge in studies of spatial phenomena. Regional Conference of the International Geographical Union "Environment and Quality of Life in Central Europe: Problems of Transition". Prague, August 22–26, 1994. Conference Abstracts. 1994. P. 151.
- 296. *Krasovskaia T.M.*, *Tikunov V.S.* Ecological GIS for the Khibiny mountain region. Europe in Transition: the Context of GIS. August 28–31, 1994, Brno, Czech Republic. Abstract of Papers. 1994. P. 32.
- 297. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* The use of anamorphosises for a description of zones of the influence of big urban centers. 34<sup>th</sup> European Congress of the Regional Science Association. Groningen, The Netherlands, 23–26 August 1994. P. 1–18.
- 298. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* The use of anamorphosises for a description of zones of the influence of big urban centers. 34<sup>th</sup> European Congress of the Regional Science Association. Groningen, The Netherlands, 23–26 August 1994. P. 1–18.
- 299. Зотов Д.М., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Экологические ГИС для городов Заполярья на примере гг. Кировска и Апатиты. Тезисы докладов Международной конференции «Город в Заполярье и окружающая среда», 11–16 сентября 1994 г., Воркута. Сыктывкар, 1994. С. 30.

- Zotov D., Krasovskaia T., Tikunov V. Ecological Geoinformation System (GIS) for Subpolar Cities. Abstracts of an International Conference "Arctic Town and Environment", 11–16 September, Vorkuta, Komi Republic, Russia. Sykryvkar, 1994. P. 93.
- 300. Зотов Д.М., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Экологические геоинформационные системы для городов Заполярья (на примере Кировска и Апатитов). Народное хозяйство Республики Коми. Сыктывкар Воркута, 1994. Т. 3. № 1. С. 79–82.
- 301. *Krasovskaia T.M., Mironenko N.S., Tikunov V.S., Yevseev A.V.* Database for evaluation and mapping of recreation potential of Russian arctic and subarctic regions. Eurocarto XII. Geo-related Databases. Proceedings. 10–12 October 1994. Copenhagen, Denmark, 1994. P. XXVI. 1–5.
- 302. Евсеев А.В., Красовская Т.М., Мироненко Н.С., Тикунов В.С. Разработка структуры ГИС для оценки рекреационного потенциала севера России. Экологическая безопасность и социально-экономическое развитие регионов России. Саранск: Издательство Мордовского университета, 1994. С. 24–25.
- 303. *Tikunov V.S.* Environmental Information Systems in Russian Federation. Journal of Environmental Impact Assessment, 1994. V. 3, No 2. P. 3–7 (на корейском языке).
- 304. *Антонов А.В.*, *Тикунов В.С.* ГИС-ежегодники за рубежом. ГИС-Обозрение, 1994. № 2. С. 47–48.
- 305. *Glushko E.V.*, *Tikunov V.S.* Aerial and space survey methods for mapping of ecological disaster regions in C.I.S. (former USSR). Geocarto International, 1994. V. 9. No 4. P. 71–80.
- 306. *Берк В.И., Тикунов В.С.* ИнтерКарто: ГИС для изучения и картографирования окружающей среды. Геодезия и картография, 1994. № 8. С. 49–50.
- 307. *Берлянт А.М., Тикунов В.С.* Конвергенция картографии и геоинформатики зарубежный опыт, проблемы и перспективы. Картография. Вып. 4. Геоинформационные системы. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1994. С. 5–19.
- 308. *Tikunov V.S.*, *Glushko E.V.* Monitoring and GIS approaches for mapping ecological disasters in the Kyzyl-Kum Desert. Bulletin du Comité Français de Cartographie, 1994–1995. No 142–143. P. 229–232.
- 309. *Тикунов В.С.* ИнтерКарто: ГИС для изучения и картографирования окружающей среды. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1995. № 1. С. 93.
- 310. Tikunov V.S. Russia gets organised. The 1995 European GIS Year-book, 1995. P. 137–138.
- 311. *Тикунов В.С., Фетисов А.С.* Ресурсоёмкость хозяйств стран мира и экономические принципы охраны природы. География и природные ресурсы, 1995. № 1. С. 28–38.
- 312. Tikunov V.S. GIS in Russia. GIS Asia/Pacific, 1995. V. 1. No 2. P. 41–42.
- 313. *Tikunov V.S.* Russia. GIS Asia/Pacific, 1995. V. 1. No 3. P. 36–37.
- 314. *Tikunov V.S.*, *Trofimov A.M.* Complex ecological and economic systems: problems of study. International Journal of Environmental Studies, 1995. V. 48. P. 135–147.
- 315. *Tikunov V.S.*, *Trofimov A.M.*, *Khuzeev R.G.* The complex ecological and economic systems, and fuzzy caracter of geospace. The 14<sup>th</sup> Pacific Regional Science Conference. July 25–27, 1995, Taipei, Taiwan, R.O.C. Program and abstracts. 1995. P. 147.
- 316. Annenkov V.V., Fisher M., Tikunov V.S., Trofimov A.M. Modeling of ecological situations and their restructuring time. Global Changes and Geography. The IGU Conference. Moscow, Russia, August 14–18, 1995. Abstracts. Moscow, 1995. P. 16.
- 317 Glushko E.V., Malkhazova S.M., Tikunov V.S., Kortunova Y.D. The experience of space monitoring of spread and dynamics of natural-focus diseases. Global Changes and Geography. The IGU Conference. Moscow, Russia, August 14–18, 1995. Abstracts. Moscow, 1995. P. 119.
- 318. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.*, *Konarkowski A.V.* Approaches to medical geographical differentiation of territory (with the example of Russia). Global Changes and Geography. The IGU Conference. Moscow, Russia, August 14–18, 1995. Abstracts. Moscow, 1995, P. 226.

- 319. *Tikunov V.S.* Fuzzy knowledge in studies of spatial phenomena. 17<sup>th</sup> International Cartographic Conference, 10<sup>th</sup> General Assembly of ICA. September 3–9, 1995, Barcelona, Catalunya, Spain. Proceedings 1. 1995. P. 709–717.
- 320. Тикунов В.С. Учиться географии, играя. География в школе, 1995. № 4. С. 41–43.
- 321. *Tikunov V.S.* Geographical scenarious for multimedia. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Conference on Spatial Multimedia and Virtual Reality. October 18–20, 1995, Museum of Water, Lisbon, Portugal. 1995. P. 187–191.
- 322. *Tikunov V.S.* Russia. GIS World Sourcebook 1996. Geographic Information System Technology, 1995. P. 437–438.
- 323. Голубев Г.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Геоинформационное и картографическое обеспечение экологических программ. Экология, 1995. No 5. C. 339–343.
- 324. *Malkhazova S.M., Tikunov V.S.* Medical geographical approach to the assessment of critical ecological situations. Geography. Block II. Universities as Centres of Fundamental Research. MSU, 1995. P. 156–165.
- 325. Тикунов В.С. Геоинформационные технологии в картографии и географии. К.А. Салищев и географическая картография (к 90-летию со дня рождения). М.: РГО, 1995. С. 78–90.
- 326. *Tikunov V.S.*, *Gusein-Zade S.M.* Map transformations. Geography Review, 1995. V. 9. N 1. P. 19–24.
- 327. *Glushko E.V.*, *Tikunov V.S.* Space mapping monitoring of ecological crisis zones geosystems in Russia. Global Environmental Change. Perspectives of Remote Sensing and Geographic Information System. New Delhi, Calcutta, 1995. P. 165–169.
- 328. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Эколого-географическое картографирование: понятия, методика, технология. География и природные ресурсы, 1995. № 4. С. 10—18.
- 329. *Тикунов В.С.* Мультимедиа в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1995. № 5. С. 23–27.
- 330. Евсеев А.В., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Использование ГИС в решении региональных экологических проблем на севере России. Экологические аспекты устойчивого развития регионов. Новгород, 1995. С. 50–52.
- 331. Evteev O.A., Tikunov V.S., Yanvareva L.F. Electronic atlas developments in Russia. Proceedings of the Seminar on Teaching Animated Cartography. Madrid, Spain, August 30 September 1 1995. 1995. P. 99–101.
- 332. *Крючков В.Г., Симонов Ю.Г., Тикунов В.С.* «Вестнику Московского университета. Серия География» 35 лет. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1996. № 1. С. 3–9.
- 333. *Glushko E.V.*, *Ptichnikov A.V.*, *Tikunov V.S.* Using geoinformation system and space imagery to monitore environmental changes in the Aral Sea ecological disaster area. IGARSS'96 Digest. 1996. V. IV. P. 2324–2325.
- 334. *Lourie I.K., Tikunov V.S.* GIS in the training of geographers in the Moscow State University. GIS Frontiers in Business and Science and ICA Map Use Commission Session. Conference Proceedings. Brno, 1996. P. VII-2 VII-5.
- 335. Fischer M.M., Trofimov A.M., Tikunov V.S. Activities of the Commission on Mathematical Models of the International Geographical Union. Geosituation Analysis. Conceptional analysis of spational-temporal structures. Kazan-Hague, 1996. P. 85–97.
- 336. *Tikunov V.S.* Geographic Information Systems. Geography in Russia, 1992–1995. Moscow, 1996. P. 99–102.
- 337. *Тикунов В.С., Фетисов А.С.* Типология стран мира как нечёткого множества. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1996. № 2. С. 46–52.
- 338. Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С. Современные методы географических исследований. М.: Просвещение, 1996, 207 с.

- 339. Геннадиев А.Н., Михайлов С.И., Тикунов В.С. Многомерная математическая классификация условий опасности загрязнения почв России. Известия Академии наук. Серия географич., 1996. № 4. С. 95–103.
- 340. Евсеев А.В., Красовская Т.М., Мироненко Н.С., Тикунов В.С., Шабалина Н.В. Оценка рекреационного потенциала севера России. Смоленск, 1996. 62 с.
- 341. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Forecast of potential plague spreading according to the combination of natural factors. Proceedings of International Conference on disasters and mitigation. Madras, India, 1996. P. B4-96 B4-102.
- 342. *Tikunov V.S.* The information revolution in geography. International Social Science Journal. UNESCO. Geography: State of the Art I The Environmental Dimension, 1996. V. XLVIII. No 150. P. 477–492.

*Tikounov V.S.* La revolution informatique en geographie. Revue Internationale des sciences sociales. UNESCO. Geographie: état des lieux I – La dimension environnementale, 1996. No 150. P. 549–565.

то же

Tикунов В.С. Информационная революция в географии. Международный журнал социальных наук. ЮНЕСКО. География: Состояние исследований I — проблемы окружающей среды, 1997. Т. V. № 17. С. 43–61.

то же

в журнале "Guoji shehui kexue zazhi" (на китайском языке).

- в журнале "Al-Majalla al-Dawliyya lil'Ulum al-Ijtima" (на арабском языке).
- 343. *Батуев А.Р.*, *Снытко В.А.*, *Тикунов В.С.* ГИС в России будут прирастать Сибирью. ГИС-Обозрение, 1996. № 2. С. 12–15.
- 344. *Tikunov V.S.* Emerging technologies for geography and regional science. Proceedings of the 24<sup>th</sup> Annual International Conference and Technical Exhibition of the Australian Urban and Regional Information Systems Association Incorporated, 25–29 November 1996, Hobart, Australia. 1996. V. 1. P. 272–278.
- 345. *Tikunov V.S.*, *Musin O.R.* Spatial and meaningful aspects of generalisation. GIS in Asia. Selected Papers of the Asia GIS/LIS AM/FM and Spatial Analysis Conference, 1996. P. 49–62.
- 346. *Fischer M.M.*, *Kubo S.*, *Tikunov V.S.* Main trends in geoinformatics. InterCarto. GIS for environmentally sustainable development: Proceedings of the International conference. Novosibirsk, Russia, 1997. V. 3. P. 411–414.
- 347. Тикунов В.С., Цапук Д.А. Картографирование устойчивого развития. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития окружающей среды: Материалы междунар. конф. Новосибирск, Россия, 1997. Т. 3. С. 428–441.
- 348. Евтеев О.А., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Принципы подготовки электронных версий комплексных атласов. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития окружающей среды: Материалы Междунар. конф. Новосибирск, Россия, 1997. Т. 3. С. 442–447.
- 349. Тикунов В.С. Экологические геоинформационные системы. Комплексное экологическое картографирование (географический аспект). М.: МГУ, 1997. С. 115–120.
- 350. Тикунов В.С. Компьютерные экологические карты и атласы. Комплексное экологическое картографирование (географический аспект). М.: МГУ, 1997. С. 121–127.
- 351. *Tikunov V.S.*, *Antonov A.V.* Geographic Information Systems in Russian Federation. The Proceedings of GIS AM/FM ASIA'97 & Geoinformatics'97. Mapping the Future of Asia-Pacific. Taipei, Taiwan, May 26–29, 1997. V. 2. P. 583–590.
- 352. *Батуев А.Р.*, *Снытко В.А.*, *Тикунов В.С.* Международная ГИС-конференция «ИнтерКарто 2» в Иркутске. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1997. № 2. С. 69–71.

- 353. *Malkhazova S.M.*, *Phillips D.R.*, *Tikunov V.S.*, *Verhasselt Y.* Public health and environmental pollution in Russia: a methodology for the assessment of critical ecological situations. Bulletin of International Geographical Union, 1997. V. 47. No 1. P. 5–16.
- 354. *Tikunov V.S.*, *Berdnikov K.V*. Humanware in geographic information science. Geographical Information'97: From Research to Application through Cooperation. Amsterdam: IOS Press, eds. Hodgson S., Rumor M. and Harts J.J., 1997. P. 271–276.
- 355. *Тикунов В.С., Мисюркеев Ю.А.* Перспективы создания и развития новых нетрадиционных геоинформационных технологий. Материалы конференции «Экология и городское хозяйство». Иркутск, 1997. С. 136–137.
- 356. Evteev O.A., Tikunov V.S., Yanvareva L.F. The status of computer atlases developments in Russia. Proceedings of 18th ICA/ACI International Cartographic Conference. Stockholm, Sweden, 23–27 June 1997. V. 3. P. 1430–1435.
- 357. *Тикунов В.С.* Геоинформатика и карты XXI века. Энциклопедия для детей. Том 3. География. М.: Аванта+, 1997. С. 560–566.
- 358. Тикунов В.С. Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). Москва Смоленск: Издательство СГУ, 1997. 367 с.
- 359. *Беэр С.А., Тикунов В.С., Чистов С.В.* Территориальная оценка риска заражения людей церкариозом в водоёмах Москвы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1997. № 4. С. 37–41.
- 360. *Лисицкий Д.В., Тикунов В.С.* ИнтерКарто-3: ГИС для устойчивого развития окружающей среды. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1997. № 4. С. 63–64. то же
- *Лисицкий Д.В., Тикунов В.С.* ИнтерКарто-3: ГИС для устойчивого развития окружающей среды. Геодезия и картография, 1997. № 7. С. 57–58.
- 361. *Tikunov V.S.* The status of geographic information systems in Russia. Proceedings of IEAS'97 & IWGIS'97. Beijing, China, August 18–22, 1997. V. 1. P. 39–48.
- 362. *Tikunov V.S.*, *Fetisov A.S.* Cross-national comparison of specific consumption of natural resources and economic principles for the protection of nature. European Regional Science Association 37<sup>th</sup> Congress. Rome, Italy, August 26–29, 1997. Abstracts. P. 143.
- 363. *Borodulina N.A.*, *Tikunov V.S.* The problem of state fiscal equalization aimed at removing interregion disproportion: technology of investigation. European Regional Science Association 37<sup>th</sup> Congress. Rome, Italy, August 26–29, 1997. Abstracts. P.164.
- 364. *Евтеев О.А.*, *Тикунов В.С.*, *Январёва Л.Ф*. Результаты деятельности научноисследовательской лаборатории комплексного картографирования. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1997. № 5. С. 52–57.
- 365. Евтеев О.А., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Комплексное картографирование основа географической картографии. Картография на рубеже тысячелетий. Доклады I Всероссийской научной конференции по картографии, Москва, 7–10 октября 1997 г. М., 1997. С. 43–50.
- 366. Губанов М.Н., Евтеев О.А., Киселёва Н.М., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Сальников С.Е., Самойленко З.В., Тальская Н.Н., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Картографирование для высшей школы: итоги и перспективы. Картография на рубеже тысячелетий. Доклады I Всероссийской научной конференции по картографии, Москва, 7—10 октября 1997 г. М., 1997. С. 584—591.
- 367. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. М.: Издательство Московского университета, 1997. 405 с.
- 368. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Экономическая карта Татарии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1997. № 6. С. 62–63.
- 369. *Krasovskaia T.M.*, *Tikunov V.S.* Ecological GIS for the Khibiny Mountain Region. Proceedings of the 4th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography. The University of Karlstad, 1997. P. 123–127.

- 370. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Analysis of spatial differences in health of the population of the world using anamorphosis. Abstracts of International Conference on Changing Pattern of Health in Developing Countries. Vadodara, 21–23 January 1998. P. 2–3.
- 371. *Былов* Г.В., *Тикунов* В.С. 37-й Конгресс Европейской ассоциации региональной науки. Рим, Италия, 26–29 августа 1997 г. Вестник Российского гуманитарного научного фонда, 1998. № 1. С. 257–259.
- 372. *Kolossov V., Tikunov V.* Political mapping: the global and the regional scales. Geopolitics and Globalization in a Postmodern World. Haifa and Beer Sheba, January 25–31, 1998. Conference abstracts. P. 60.
- 373. *Бородулина Н.А., Тикунов В.С.* Социально-экономическая классификация регионов России основа формирования объективных критериев оценки бюджетных потребностей регионов (на примере здравоохранения). Известия Академии наук. Серия географич., 1998. № 1. С. 18–35.
- 374. Тикунов В.С. Угроза с Востока или Запада? Территория, 1998. № 1. С. 14.
- 375. *Малхазова С.М., Тикунов В.С.* Методология оценки кризисных экологических ситуаций с применением геоинформационных технологий. Бюллетень Международной Ассоциации Академий наук. М., 1998. № 2. С. 21–23.
- 376. *Тимашев И.Е., Тикунов В.С.* Географическое освоение Сибири. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1998. № 3. С. 74-75.
- 377. *Ormeling F., Kobben B., Tikunov V.S.* Teaching cartography for GIS in Russia. Proceedings of the Seminar on Teaching Cartography for GIS and Cadastre. Novosibirsk, January 1998. P. V–VI.
- 378. *Тикунов В.С.* Устойчивое развитие территорий и геоинформатика. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф., Барнаул, 1–4 июля 1998. Барнаул: Издательство Алтайского госуниверситета, 1998. С. 9–18.
- 379. Губанов М.Н., Востокова А.В., Евтеев О.А., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Тальская Н.Н., Январёва Л.Ф. Формирование базы данных комплексного экологического картографирования на основе ГИС-технологий. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф., Барнаул, 1—4 июля 1998. Барнаул: Издательство Алтайского госуниверситета, 1998. С. 69–79.
- 380. *Тикунов В.С., Цапук Д.А.* Опыт картографирования устойчивого развития региона. ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф., Барнаул, 1—4 июля 1998. Барнаул: Издательство Алтайского госуниверситета, 1998. С. 247—262.
- 381. *Konarkovsky A.V.*, *Krivolutsky A.A.*, *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Characteristic of population death-rate in Russia to substantiate regional distinctions in the choice of models of steady development of territories. GIS for Nature Management Optimization for Sustainable Development of Territories: Proceedings of the International conference, Barnaul, Russia, 1–4 July 1998. Barnaul: Altai State University Publisher, 1998. P. 276–285.
- 382. *Kotova O.I., Krasovskaya T.M., Lubimtzev M.Yu., Tikunov V.S., Yevseev A.V.* Ecological inventory map series for Kirovsk (Murmansk region). Proceedings of Conference of Geographic Information Systems: Information Infrastructures and Interoperability for the 21st century Information Society. Brno, Czech Republic, June 28–July 1, 1998. Brno, 1998. P. A4-51 A4-55. 383. *Мягков С.М., Тикунов В.С.* Переход к устойчивому развитию: географическое обоснование. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1998. № 4. С. 71–80.
- 384. *Батуев А.Р., Снытко В.А., Тикунов В.С.* Научная конференция, посвященная 40-летию Института географии в Иркутске. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1998. № 4. С. 87–88.

- 385. *Tikunov V.S.*, *Fetisov A.S.* Cross-national comparison of specific consumption of natural resources and economic principles for the protection of nature. Abstracts of XII AESOP Congress, 22–25 July 1998, Aveiro, Portugal. 1998. P. 151.
- 386. *Malkhazova S.M.*, *Tikunov V.S.* Methods and regional results of health perseption (Russia case Ssudy). Metodi di Raccolta Dati e Percezione della Salute. RUX Editrice, Perugia, 1998. P. 71–84.
- 387. *Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С.* Анаморфозы: что это такое? М.: Эдиториал УРСС, 1999. 168 с.
- 388. *Винокуров Ю.И.*, *Тикунов В.С.*, *Широкова С.Л*. Международная конференция «ИнтерКарто 4: ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 1999. № 1. С. 78–80.
- 389. *Евтеев О.А., Кожухарь А.Ю., Косиков А.Г., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Сопряжённое экологически ориентированное картографирование населения России. Экология и промышленность России, февраль 1999. С. 24–28.
- 390. Тикунов В.С. Методика создания оценочных карт Кольского полуострова. Эколого-географические проблемы Кольского Севера. Апатиты, 1999. С. 22–28.
- 391. *Кашбразиев Р.В., Трофимов А.М., Тикунов В.С.* Инвестиционная деятельность в регионе: проблемы устойчивости и риска. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы междунар. конф. Ч. 2: Применение картографии и ГИС в науке и управлении систем. Якутск, Россия, 1999. С. 3–14.
- 392. Губанов М.Н., Евтеев О.А., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Кожухарь А.Ю., Косиков А.Г., Котова О.И., Котова Т.В., Любимцев М.Ю., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Рябова Н.В., Тальская Н.Н., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Компьютерный экологический атлас России. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Ч. 3: ГИС и картография в экологии и охране природы. Якутск, Россия, 1999. С. 3–9.
- 393. *Зубаревич Н.В., Тикунов В.С.* Оценка региональных различий в уровнях развития человеческого потенциала в России. ГИС для устойчивого развития территорий. Материалы Междунар. конф. Ч. 4: ГИС в региональных исследованиях. Якутск, Россия, 1999. С. 6–20.
- 394. Красовская Т.М., Сатаев Р.Р., Тикунов В.С. Создание карт оценки рекреационного потенциала. ГИС-Обозрение, 1999. № 1. С. 32–33.
- 395. *Евсеев А.В., Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Применение средств геоинформатики для оценки перспектив развития рекреации на арктическом побережье России. Геоинформатика, 1999. № 1. С. 52–59.
- 396. *Тикунов В.С., Красовская Т.М., Сатаев Р.Р.* Методика создания карт оценки рекреационного потенциала с использованием ГИС-технологий. ARCReview, 1999. 10. № 3. С. 5.
- 397. Тикунов В.С., Цапук Д.А. Устойчивое развитие территорий: картографогеоинформационное обеспечение. Москва Смоленск: Издательство СГУ, 1999. 176 с.
- 398. *Мангазеев В.Я., Снытко В.А., Тикунов В.С.* Научная конференция, посвященная 50-летию географического факультета Иркутского университета. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1999. № 5. С. 63.
- 399. *Симонов Ю.Г., Тикунов В.С.* Редкое исследование в области теории и методологии географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 1999. № 5. С. 64–66.
- 400. Evteev O.A., Tikunov V.S., Yanvareva L.F. Atlas of Sustainable Development of Russia mocking at reality or vital importance? ICC Conference Proceedings. Touch the Past, Visualize the Future. August 14–21, 1999, Ottawa, Canada. V. 1. P. 369–372.
- 401. *Колосов В.А., Тикунов В.С., Заяц Д.В.* Мир в зеркале средств массовой информации: использование анаморфоз в политико-географическом анализе. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2000. № 2. С. 3–7.

- 402. Тикунов В.С., Христов Т.Т. Дифференциация уровней модернизации в системе мирового хозяйства. География инновационной сферы мирового хозяйства. М.: Пресс-Соло, 2000. С. 61–80.
- 403. *Калинкин И.В.*, *Любимцев М.Ю.*, *Тикунов В.С.*, *Январёва Л.Ф*. Технология создания картографической анимации на примере изменения лесистости России за 1696–1914 гг. Взаимодействие картографии и геоинформатики. М.: Научный мир, 2000. С. 160–165.
- 404. Губанов М.Н., Евтеев О.А., Калинкин И.В., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Кожухарь А.Ю., Котова Т.В., Любимцев М.Ю., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Рябова Н.В., Тальская Н.Н., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. «Атлас устойчивого развития России»: опыт создания и состояние работ. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Т. 1. Апатиты, Россия, 2000. С. 130–137.
- 405. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф., Нокелайнен Т.С.* Картографическое моделирование устойчивого развития: разработка «Атласа устойчивого развития России». Университеты России фундаментальные исследования: география. Материалы Всероссийской научн. конф., Новороссийск, 19–21 сентября 2000. М.–Новороссийск, 2000. С. 88–89.
- 406. *Евтеев О.А., Котова Т.В., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Национальный физический атлас Китая. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2000. № 4. С. 78–80.
- 407. Евтеев О.А., Губанов М.Н., Карпович Л.Л., Киселева Н.М., Котова Т.В., Кожухарь А.Ю., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Тальская Н.Н., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Первый экологический атлас России: географический и геоинформационный аспекты. Труды XI съезда Русского географического общества. СПб, 2000. Т. 3. С. 136–138.
- 408. *Тикунов В., Орешкина Д.* «Управляемая демократия»: российский вариант или о «коекаких недостатках» электоральной культуры в регионах. Сообщение, приложение к журналу Эксперт, 2000. № 11–12. С. 61–65.
- 409. *Тикунов В.С.* Атласная информационная система «Устойчивое развитие России». Информационный бюллетень, 2000. № 4-5. С. 70.
- 410. *Tikunov V.S.* Anamorphosises of Russia in view of transition to sustainable development. Proceedings of the Seminars on Developing the ICA-CET Internet Cartography Course held at Budapest (Hungary), February 4–5, 2000 and Apatity (Russia), August 22–24, 2000. P. 52–79.
- 411. *Annenkov V.V.*, *Kapralov E.G.*, *Tikunov V.S.* Internet in learning geography, cartography and geoinformatics: case of Russia. Proceedings of the Seminars on Developing the ICA-CET Internet Cartography Course held at Budapest (Hungary), February 4–5, 2000 and Apatity (Russia), August 22–24, 2000. P. 80–85.
- 412. *Krasovskaya T.M.*, *Tikunov V.S.*, *Yevseev A.V.* Ecological atlas of the Arctic as a symbol of integrated human knowledge bank of the 20<sup>th</sup> century. OICC 7<sup>th</sup> International Seminar on Geographic Information Systems Applications in Planning and Sustainable development, 19–21 Thul Qida 1421 H./13–15 February 2001, A.D., Cairo, Arab Republic of Egypt. P. 59.
- 413. *Tikunov V.S.*, *Tsapuk D.A*. Mapping the regional sustainable development. OICC 7<sup>th</sup> International Seminar on Geographic Information Systems Applications in Planning and Sustainable development, 19–21 Thul Qida 1421 H./13–15 February 2001, A.D., Cairo, Arab Republic of Egypt. P. 75.
- 414. Лазебник О.А., Тикунов В.С. Международная конференция «ИнтерКарто 5: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2001. № 1. С. 73–75.
- 415. *Калабин* Г.В., *Макарова Т.Д.*, *Тикунов В.С*. Международная конференция «ИнтерКарто 6: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2001. № 2. С. 68–69.
- 416. *Tikunov V.S.* Atlas Information System "Sustainable Development of Russia". GIS for Emergency Preparedness and Health Risk Reduction. NATO Advanced Researcg Workshop, 22<sup>nd</sup>–25<sup>th</sup> April 2001, Budapest. Abstracts. P.14–15.

- 417. *Криволуцкий А.А.*, *Тикунов В.С.*, *Январёва Л.Ф*. Карта оценки экологического состояния регионов России. География и природопользование в современном мире. Материалы Междунар. конф. Барнаул, Россия, 10–12 мая 2001 г. Барнаул, 2001. С. 65–67.
- 418. *Криволуцкий А.А., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Карта оценки экологического состояния регионов России в атласной информационной системе «Устойчивое развитие России». Современные проблемы географии и природопользования. Барнаул, 2001. Вып. 5–6. С. 103–105.
- 419. *Tikunov V.S., Yanvareva L.F.* Dynamics of agriculturally-developed lands of the Earth. Land Use and Cover Change. Eds. R.B. Singh, J. Fox, Y. Himiyama. Science Publishers, Inc., 2001. P. 289–296.
- 420. Тикунов В.С., Малхазова С.М. Характеристика Калининградской области в атласной информационной системе «Устойчивое развитие России». Тезисы докладов Международн. научн. конф. «География, общество, окружающая среда: развитие географии в странах Центральной и Восточной Европы», Калининград Светлогорск, 4—7 июня 2001 г. Калининград: Издательство Калининградского ун-та, 2001. С. 63—64.
- 421. *Tikunov V.S.*, *Berdnikov K.V.* Experimental determination of semantic space in geographic information sciences. GI in Europe: Integrative-Interoperable Interactive. Proceedings of 4<sup>th</sup> AGILE Conference on Geographic Information Science. April 19–21, 2001, Brno, Czech Republic. 2001. P. 628–633.
- 422. *Rylsky I.A.*, *Tikunov V.S.*, *Yanvareva L.F.* Animated maps of the forest and field dynamics in European Russia for the last 300 years. Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Cartographic Conference. ICC 2001. Beijing, China, August 6–10, 2001. V. 2. P. 1011–1021.
- 423. *Касимов Н.С., Январёва Л.Ф., Евтеев О.А., Тикунов В.С., Артемьев Ю.М.* Экологический атлас России: новый комплексный свод знаний по экологии страны. Международный экологический форум «Инвестиции в экологию шаг в будущее», Москва, 17–19 сентября 2001 г. М.: 2001. С. 44–45.
- 424. *Tikunov V.S.*, *Chumachenko A.N*. Atlas information system as a basis for the Town Digital Model. Theories and Practice of Digital City. China International Conference on Digital City Constuction Technology & Forum an Digital City in 21<sup>st</sup> Century. P. 572–577.
- 425. *Рязанов А.П., Тикунов В.С.* Дистанционное образование и картография: современное состояние. Картография XXI века: теория, методы,практика. Т. II. М.: 2001. С. 708–715.
- 426. Январёва Л.Ф., Губанов М.Н., Евтеев О.А., Киселёва Н.М., Кожухарь А.Ю., Куртеева Н.В., Любимцев М.Ю., Масленникова В.В., Рябова Н.В., Смирнова Н.Б., Тальская Н.Н., Тикунов В.С., Чугунова Н.Н. Новые учебные географические атласы: концепция и её реализация. Картография XXI века: теория, методы, практика. Т. II. М.: 2001. С. 759–763.
- 427. *Прохоров Б.Б.*, *Тикунов В.С*. Географические аспекты здоровья населения регионов России в сравнении с другими странами мира. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2001. № 5. С. 22–31.
- 428. *Myagkov S.M.*, *Tikunov V.S.* Transition of Russia to sustainable development. The geographical substantiation. Proceedings of the International conference on Spatial Information for Sustainable Development. Nairobi, Kenya, 2–5 October 2001. TS 17.4. P. 1–13.
- 429. *Орешкина Д.Б., Тикунов В.С.* Образ мира и России в Интернете. ГИС-Обозрение, 2001. № 2. С. 12–13.
- 430. *Trofimov A.M.*, *Tikunov V.S.* Geographical aspect of the ecological problem of environmental studies. InterCarto. GIS for Sustainable Development of Territories: Proceedings of the International conference. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2001. V. 7. P. 41–47.
- 431. *Зубаревич Н.В., Тикунов В.С., Крепец В.В., Стрижов В.В., Шакин В.В.* Многовариантные методы интегральной оценки развития человеческого потенциала в регионах Российской Федерации. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Петропавловск-Камчатский, 2001. Т. 7. С. 84–105.

- 432. Лазебник О.А., Саввинова А.Н., Тикунов В.С. Оценка пригодности территории Республики Саха (Якутия) для ведения хозяйства, ориентированного на северное традиционное природопользование в атласной информационной системе «Устойчивое развитие России». ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Петропавловск-Камчатский, 2001. Т. 7. С. 152–158.
- 433. Komedchikov N., Martinenko A., Shingareva K., Tikunov V. A view from Russia. ICA News, 2001. No 37. P. 7.
- 434. *Петрова Е.Г., Дашкевич О.М., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Оценка качества пахотных земель России на основе картографического моделирования. Идеи В.В Докучаева и современные проблемы сельской местности. Москва Смоленск, 2001. Ч. 2. С. 70–71.
- 435. *Моисеев Р.С., Романова Л.С., Тикунов В.С.* Международная конференция «ИнтерКарто 7: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 1. С. 84–85.
- 436. *Свешников В.В., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Национальные атласы: история и современное состояние. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Хельсинки Санкт-Петербург, 2002. Т. 8. С. 3–14.
- 437. *Малиновский Д.В., Тикунов В.С., Трейвиш А.И.* Картографическая оценка изменений взаимной транспортной удалённости российских регионов за 1985—2001 гг. (на примере железнодорожных тарифных расстояний). ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Хельсинки Санкт-Петербург, 2002. Т. 8. С. 180—186.
- 438. *Светлосанов В.А.*, *Симакин В.В.*, *Тикунов В.С.* О создании модели устойчивого развития небольшого северного региона. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Хельсинки Санкт-Петербург, 2002. Т. 8. С. 226–228.
- 439. Дашкевич О.М., Карпович Л.Л., Петрова Е.Г., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф. Картографическое моделирование как метод изучения сельскохозяйственного производства. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Хельсинки Санкт-Петербург, 2002. Т. 8. С. 350–354.
- 440. Котова Т.В., Масленникова В.В., Тикунов В.С. Общегеографическая карта «Россия и сопредельные государства» масштаба 1:2 500 000. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 2. С. 68–70.
- 441. *Орешкина Д.Д., Тикунов В.С.* Блок электорального поведения населения в атласной информационной системе «Устойчивое развитие России». Известия Русского географич. общества, 2002. Т. 134. Вып. 3. С. 48–53.
- 442. Смуров А.В., Максимов В.Н., Тикунов В.С. Мониторинг биоразнообразия. География и мониторинг биоразнообразия. М.: Издательство НУМЦ, 2002. С. 303–370.
- 443. Жуковский В.Е., Комедчиков Н.Н., Котельникова Н.Е., Мартыненко А.И., Нырцова Т.П., Свешников В.В., Тикунов В.С., Шингарёва К.Б. Картографирование на рубеже веков. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 3. С. 3–7.
- 444. Голубев Г.Н., Мироненко Н.С., Тикунов В.С. Учебно-научный центр географического факультета МГУ «Устойчивое развитие территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 3. С. 67–69.
- 445. Комедчиков Н.Н., Котельникова Н.Е., Мартыненко А.И., Свешников В.В., Тикунов В.С., Шингарёва К.Б. XX Международная картографическая конференция. Известия АН. Серия географич., 2002. № 3. С. 107-110.
- 446. *Ващалова Т.В.*, *Тикунов В.С.* Социологи об устойчивом развитии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 4. С. 75–76.
- 447. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Атласные информационные системы база для принятия комплексных решений по организации территории. Электронная Земля, Электронная Россия, Электронная Москва: методология и технологии. М.: ИПИ РАН, 2002. С. 46–52.

- 448. *Тикунов В.С.* Атласная информационная система «Устойчивое развитие России». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 5. С. 21–32.
- 449. *Tikunov V.S.*, *Tsapuk D.A*. Mapping the regional sustainable development. Environmental Impact Assessment for Sustainable Society. Proceedings of the International Symposium for the 10<sup>th</sup> Anniversary of Korean Society of Environmental Impact Assessment. Seoul, Korea, November 14–15, 2002. P. 76–92.
- 450. Котова Т.В., Тикунов В.С., Дикунец В.А., Макеев В.Н., Кудрин И.В. Концепция Комплексного атласа Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск: ГУИПП «Полиграфист», 2002. 48 с.
- 451. *Tikunov V.S.*, *Shingareva K.B.* International conference InterCarto 8: GIS for sustainable development of territories. ICA News, 2002. No 39. P. 6–7.
- 452. *Курошев Г.Д., Селиверстов Ю.П., Тикунов В.С.* Международная конференция «ИнтерКарто 8: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 6. С. 86–87.
- 453. *Симонов Ю.Г.*, *Тикунов В.С.* Фундаментальный труд о моделировании в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2002. № 6. С. 88–89.
- 454. *Bogomolov N.*, *Rylskiy I.*, *Tikunov V.* Creation of the ananorphoses-based 3D pyramidal blockdiagrams. Advances in spatial data handling: 10th International Symposium on Spatial Data Handling. Ed. D.E.Richardson, P. van Oosterom. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokyo: Springer, 2002. P. 465–473.
- 455. *Tikunov V*. Teaching sustainable development at the Chernomorsky Institute of the Moscow State University. Planet, December 2002. P. 27–28.
- 456. *Батуев А.Р.*, *Курошев Г.Д.*, *Снытко В.А.*, *Тикунов В.С.* Международная конференция «ИнтерКарто 8». География и природные ресурсы, 2002. № 4. С.154–155.
- 457. Evteev O.A., Kasimov N.S., Tikunov V.S., Yanvareva L.F. Environmental Atlas of Russia. Abstracts of Regional Conference of the International Geographical Union. Durban, South Africa, 4–7 August 2002. P. 61.
- 458. *Bogomolov N., Rylskiy I., Tikunov V.* Creation of the Anamorphoses-based 3D-Pyramidal BlockDiagrams. Joint International Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications. July 8–12, 2002, Ottawa, Canada. Abstracts. P. 26.
- 459. *Ryazanov A.P.*, *Tikunov V.S.* Distant learning and cartography: present state in Russia. Proceedings of the Seminars on Developing the ICA-CET Internet Cartography Course held at Beijing (China), August 9, 2001 and Helsinki (Finland), May 28, 2002. P. 33–37.
- 460. *Курошев Г.Д., Селиверстов Ю.П.,Тикунов В.С., Шумова О.В.* Международная конференция «ИнтерКарто 8: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7, 2002. Вып. 3. № 23. С. 143–144.
- 461. *Tikunov V.S.*, *Fetisov A.S.* Consumption of natural resources in a framework of Atlas information system "Sustainable Development of Russia". Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment. 12–14 February 2003, Phuket, Thailand. 2003. P. 1010–1017.
- 462. Тикунов В.С. Памяти Фердинанда Яна Ормелинга (1912–2002). Вестник Московского университета. Серия геогр., 2003. № 1. С. 72.
- 463. *Беручашвили Н.Л.*, Джамаспашвили Н.Ш., Тикунов В.С. Устойчивое развитие: проблемы и перспективы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2003. № 1. С. 77-78.
- 464. Поздняков Д.В., Тикунов В.С., Федотов А.П. Разработка и картографирование интегральных показателей устойчивого развития стран мира. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2003. № 2. С. 19-29.
- 465. *Тикунов В.С., Цапук Д.А.* О системности свойств географической информации. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Новороссийск, Севастополь, 2003. Т. 9. С. 24–28.

- 466. *Simonov Yu.G.*, *Tikunov V.S.* Cartography and geography: vector of integrity. InterCarto. GIS for Sustainable Development of Territories: Proceedings of the International conference. Novorossijsk, Sevastopol, 2003. V. 9. P. 44–57.
- 467. Котова Т.В., Тикунов В.С., Дикунец В.А., Макеев В.Н. О концепции комплексного атласа Ханты-Мансийского автономного округа. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Новороссийск, Севастополь, 2003. Т. 9. С. 98–103.
- 468. Снытко В.А., Тикунов В.С., Башалханов И.А., Кузнецова Т.И., Макаренко Е.Л., Бардаш А.В.. Богданов В.Н. Опыт электронного атласного картографирования для обеспечения устойчивого развития регионов Сибири. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Новороссийск, Севастополь, 2003. Т. 9. С. 276—283.
- 469. *Мазуров Ю.Л.*, *Тикунов В.С.* Устойчивое развитие регионов России информационное обеспечение и учебно-научные приложения. ИнтерКарто. ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Новороссийск, Севастополь, 2003. Т. 9. С. 506—519.
- 470. Заварзин А.В., Орешкина Д.Д., Тикунов В.С. Электоральная культура России: классификации и картографирование в геоинформационной среде. Информационный бюллетень, 2003. № 1 (38) № 2 (39). С. 67–72.
- 471. *Tikunov V.S.* Atlas information system "Sustainable Development of Russia". Abstracts for the 21<sup>st</sup> International Cartographic Conference "Cartographic Renaissance". Durban, South Africa, 10–16 August 2003. P. 24.
- 472. *Касимов Н.С., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф., Евтеев О.А.* Атлас окружающей среды России: бумажная версия, версия в ГИС и Интернете. Международная конференция «Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений». Москва Барнаул, 18–29 июля 2003 г. Тезисы докладов. Барнаул, 2003. С. 169–170.
- 473. *Kasimov N.S., Tikunov V.S., Yanvareva L.F., Yevteev O.A.* Environmental atlas of Russia: hard copy, GIS and Web versions. International Conference "Society and Environment Interaction under Global and Regional Changes". Moscow Barnaul, July 18–29, 2003. Abstracts. Moscow, 2003. P. 143–144.
- 474. *Eвтеев O.A., Komoва Т.В., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Национальный физический атлас Китая. Creation and Design of the Compilation of the National Physical Atlas of China, Design and making on Database, Electronic Atlas and Internet Atlas. China Meteorological Press, 2003. P. 273–277.
- 475. *Tikunov V.S.* Integrated digital territory models for sustainable development. Digital Earth. Information Recources for Global Sustainability. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on Digital Earth. Brno, Czech Republic, September 21–25, 2003. P. 254.
- 476. *Касимов Н.С., Романова Э.П., Тикунов В.С.* Всесоюзное совещание «Образование для устойчивого развития». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2003. № 4. С. 82–83.
- 477. *Tikunov V.S.* Atlas information system "Sustainable Development of Russia". Diqiu Xinxi Kexue, 2003. V. 5. No 3. P. 112–117 (на китайском языке).
- 478. *Тарасова Н.П., Гордов Е.П., Лыкосов В.Н., Павловский Ю.Н., Тикунов В.С.* Адаптация к изменению климата в контексте современного образования. Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата. Москва, 29 сентября -3 октября 2003 г. С. 360.
- 479. *Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Вектор инновации: от экологического образования к образованию в области устойчивого развития. Образование для устойчивого развития. Ред. Н.С.Касимов, В.С. Тикунов. Смоленск: Маджента, 2003. С. 15–32.

- 480. *Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Преподавание курса «Устойчивое развитие» в рамках направления «Экология и природопользование». Образование для устойчивого развития. Ред. Н.С.Касимов, В.С. Тикунов. Смоленск: Маджента, 2003. С. 72–81.
- 481. *Trofimov A.M., Tikunov V.S., Gnedenkov L.N.* Geosituational modeling. Environ. Radioecol. Appl. Ecol., 2003. V. 9. No 3. P. 21–26.
- 482. Komedchikov N.N., Martynenko A.I., Savinyh V.P., Tikunov V.S., Shingareva K.B., Vereshchaka T.V. The cartographic renaissance. Some comments on the 21<sup>st</sup> International Cartographic Conference. ICA News, 2003. No 41. P. 3–4.
- 483. *Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Образование для устойчивого развития: Всероссийское совещание и его итоги. География и природные ресурсы, 2003. № 3. С. 169–170.
- 484. *Свешников В.В., Тикунов В.С.* Национальные атласы: история и современное состояние. Геодезия и картография, 2003. № 12. С. 35–45.
- 485. *Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Концепция устойчивого развития: восприятие в России. Вестник Российской академии наук, 2004. Т. 74. № 1. С. 28–36.

- *Kasimov N.S.*, *Mazurov Yu.L.*, *Tikunov V.S.* The concept of sustainable development: its perseption in Russia. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2004. V. 74. No 1. P. 48–55.
- 486. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др. Основы геоинформатики. В 2-х кн.
- Кн. 1: Учебное пособие для студентов вузов. Ред. В.С.Тикунов. М.: Академия, 2004. 352 с.
- 487. *Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С.* и др. Основы геоинформатики. В 2-х кн. Кн. 2: Учебное пособие для студентов вузов. Ред. В.С.Тикунов. М.: Академия, 2004. 480 с.
- 488. *Иванов В.А., Тикунов В.С.* Международная конференция «ИнтерКарто 9: ГИС для устойчивого развития территорий». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2004. № 1. С. 67–68.
- 489. *Берк В.И., Бородко А.В., Жуковский В.Е., Тикунов В.С.* Новые разработки в картографии (по материалам конференции МКА в Дурбане, ЮАР). Геодезия и картография, 2004. № 1. С. 17–26.
- 490. Комедчиков Н.Н., Мартыненко А.И., Савиных В.П., Тикунов В.С., Шингарёва К.Б. К итогам XXI Международной картографической конференции. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2004. № 2. С. 72–74.
- 491. *Касимов Н.С., Евтеев О.А., Тикунов В.С.* и др. Эколого-географическое картографирование. Современные проблемы. Международная научно-техническая конференция, посвященная 225-летию МИИГАиК. Картография. М., 2004. С. 152–155.

- Касимов Н.С., Евтеев О.А., Тикунов В.С. и др. Эколого-географическое картографирование. Современные проблемы. Международная научно-техническая конференция, посвященная 225-летию МИИГАиК. Геоинформатика. М., 2004. С. 220—224. 492. Тикунов В.С. Комплексные цифровые модели территорий для их устойчивого развития. Проблемы литодинамики и экосистем Азовского моря и Керченского пролива. Ростов-на-Дону, 2004. С. 94—97.
- 493. *Криволуцкий А.А.*, *Тикунов В.С.* Использование агрегированных показателей в разработке практических заданий для дистанционных курсов по устойчивому развитию. Экономико-географический Вестник Ростовского государственного университета, 2004. № 1. С. 113–123.
- 494. *Tikunov V.S.* ICA Statutes and some practical steps for the realization of the Strategic Plan. ICA News, 2004. No 42. P. 9–11.
- 495. *Tikunov V.S.* Integrated digital territory models for sustainable development. International Symposium on Eco-environment and Regional evelopment in the Altai Mountain Area. Urumqi, China, June 25–30, 2004. P. 17–20.
- 496. Котова Т.В., Тикунов В.С., Дикунец В.А., Макеев В.Н. Атласное картографирование природы, природно-ресурсного потенциала и экологической обстановки Ханты-

- Мансийского автономного округа. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Владивосток, Чаньчунь (КНР), 2004. Т. 10. С. 108–111.
- 497. *Khuzeev R.G.*, *Tikunov V.S.*, *Trofimov A.M.* The complex ecological and economical systems, and fuzzy character of geospace and boundaries. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of terrotories: GIS and practical experience: Proceedings of the International conference. Vladivostok (Russia), Changchun (China), 2004. V. 10. P. 175–180.
- 498. *Бобылёв С.Н., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Устойчивое развитие территорий: критерии и индикаторы. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Владивосток, Чаньчунь (КНР), 2004. Т. 10. С. 245–254.
- 499. Лузанов А.Н., Котова Т.В., Рождественская И.А., Тикунов В.С. Опыт регионального картографирования банковской деятельности (на примере Ханты-Мансийского автономного округа). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Владивосток, Чаньчунь (КНР), 2004. Т. 10. С. 274–281.
- 500. Прохоров Б.Б., Тикунов В.С. Индекс общественного здоровья в России в сравнении с другими странами мира. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Владивосток, Чаньчунь (КНР), 2004. Т. 10. С. 395–405.
- 501. *Rylskiy I.A.*, *Tikunov V.S.* Corporative GIS and virtual modeling for pipeline systems. Angarsk-Datsin key study. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of terrotories: GIS and practical experience: Proceedings of the International conference. Vladivostok (Russia), Changchun (China), 2004. V. 10. P. 412–415.
- 502. Прохоров Б.Б., Тикунов В.С. Индекс общественного здоровья в России в сравнении с другими странами мира. Устойчивое развитие: ресурсы России. Ред. Н.П. Лаверов. М.: Издательский центр РХТУ имени Д.И. Менделеева, 2004. С. 104—128.
- 503. Тикунов В.С. Комплексные цифровые модели территорий для их устойчивого развития. Районирование в современной экономической, социальной и политической географии: потенциал, теория, методы, практика. Ред. А.Г. Дружинин, В.Е.Шувалов. Ростов-на-Дону: Издательство ИнфоСервис, 2004. С. 189–192.
- 504. *Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Атласные информационные системы база для принятия комплексных решений по организации территории. Районирование в современной экономической, социальной и политической географии: потенциал, теория, методы, практика. Ред. А.Г. Дружинин, В.Е. Шувалов. Ростов-на-Дону: Издательство ИнфоСервис, 2004. С. 192–198.
- 505. *Tikunov V.S.* Geographical naming and role of geoinformatics. Applications of multiple namings. The Tenth International Seminar on the Naming of Seas: Special Emphasis Concerning International Standardization of the Sea names. November 4–6, 2004, Paris. P.103–105.
- 506. *Тикунов В.С.* Концепция атласной системы. География, общество, окружающая среда. Том VII: Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование. Ред. А.М. Берлянт, Ю.Ф.Книжников. М.: Издательский дом «Городец», 2004. С. 566–577.
- 507. *Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Скорняков В.А., Тикунов В.С.* Интегральные карты устойчивого развития (на примере водохозяйственного блока). География, общество, окружающая среда. Том VII: Картография, геоинформатика и аэрокосмическое зондирование. Ред. А.М. Берлянт, Ю.Ф. Книжников. М.: Издательский дом «Городец», 2004. С. 577–589.
- 508. *Касимов Н.С., Глазовский Н.Ф., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* География и образование для устойчивого развития. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2005. № 1. С. 38–49.

- *Касимов Н.С., Глазовский Н.Ф., Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* География и образование для устойчивого развития. На пути к образованию для устойчивого развития в России. М.: Геос, 2006. С. 91–114.
- 509. *Бакланов П.Я.*, *Ермошин В.В.*, *Тикунов В.С.* Международная конференция «ИнтерКарто-10: Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2005. № 1. С. 110—111.
- 510. *Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др.* Геоинформатика. Учебник для студентов вузов. Ред. В.С. Тикунов. М.: Академия, 2005. 480 с.
- 511. *Колосов В.А., Тикунов В.С.* Политико-географическое картографирование и геоинформатика: достижения и новые задачи. Известия РАН. Серия географич., 2005. № 1. С. 17–23.
- 512. *Касимов Н.С., Кожухарь А.Ю., Тикунов В.С., Январёва Л.Ф.* Экологический атлас России. Геопрофи, 2005. № 1. С. 43–47.
- 513. *Mazurov Yu.L.*, *Tikunov V.S.* Teaching the course on "Sustainable Development" within the "Ecology and Nature Management" profile of training. International Journal Environment and Sustainable Development, 2005. V. 4. No 1. P. 67–77.
- 514. *Тикунов В.С.* Памяти Артура Робинсона. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2005. № 2. С. 77.
- 515. *Tikunov V.S.* Multiple namings in the Integrated Digital Territory Models. The 11<sup>th</sup> International Seminar on the Naming of Seas. 6–8 October 2005, Washington DC, USA. P. 11–14.
- 516. *Прохоров Б.Б., Тикунов В.С.* Общественное здоровье в регионах России. География и природные ресурсы, 2005. № 2. С. 26–33.
- 517. *Konecny M., Ormeling F., Tikunov V.* Centenary of the birth of Konstantin Alexeevich Salishchev (1905–1988). InterCarto. InterGIS. Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practical Experience: Proceedings of the International conference. Stavropol Dombai Budapest, 2005. V. 11. P. 4–6.
- 518. *Matishov G.G.*, *Tikunov V.S.* Integrated digital territory models and their application to support the socio-economic development of the southern region of Russia. InterCarto. InterGIS. Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practical Experience: Proceedings of the International conference. Stavropol Dombai Budapest, 2005. V. 11. P. 9–16.
- 519. *Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Измерение устойчивости развития социума, от интерпретации к расчётам. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 21–36.
- 520. Тикунов В.С., Шувалов В.Е. Национальный атлас России, том «Население. Экономика». ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 115—121.
- 521. Корниенко Е.В., Мазуров Ю.Л., Притворов А.П., Тикунов В.С. Московия: регион в сердце России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 126–131.
- 522. Гонтарь Н.В., Дружинин А.Г., Тикунов В.С. Геоинформационная система моделирования перехода регионов юга России к устойчивому развитию. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 137–146.
- 523. Прохоров Б.Б., Тикунов В.С. Общественное здоровье в российских городах и сельской местности. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и

- практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 137–146.
- 524. Котова Т.В., Тикунов В.С., Дикунец В.А., Макеев В.Н., Вайсман Г.З. Современное общество и экономика Ханты-Мансийского автономного округа в комплексном региональном атласе. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 193–196.
- 525. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Методология оценки экологической составляющей устойчивого развития и состояния окружающей среды в российских условиях. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 206–214.
- 526. Котова О.И., Красовская Т.М., Тикунов В.С. Использование ГИС-технологий при создании карт физико-географических аналогов для целей оптимизации природопользования. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ставрополь Домбай Будапешт, 2005. Т. 11. С. 282–283.
- 527. *Тикунов В.С., Капралов Е.Г., Заварзин А.В. и др.* Сборник задач и упражнений по геоинформатике. Учебное пособие. Ред. В.С. Тикунов. М.: Академия, 2005. 560 с.
- 528. *Прохоров Б.Б., Тикунов В.С.* Медико-демографическая классификация регионов России. Проблемы прогнозирования, 2005. № 5. С. 142–151.
- 529. *Снытко В.А., Тикунов В.С.* Первый российский учебник по теории и методологии географической науки. География и природные ресурсы, 2005. № 3. С. 152-153.
- 530. *Берлянт А.М., Книжников Ю.Ф., Котова Т.В., Тикунов В.С.* К 100-летию со дня рождения К.А. Салищева. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2005. № 6. С. 3–4.
- 531. *Снытко В.А., Тикунов В.С.* Учебник по теории и методологии географической науки. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2005. № 6. С. 80–81.
- 532. *Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Измерение устойчивого развития: постановка проблемы. География и природные ресурсы, 2005. № 4. С. 9–18.
- 533. *Тикунов В.С., Трейвиш А.И.* Опыт оценки географического размера стран и их регионов. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2006. N 1. C.40–49.
- 534. *Касимов Н.С., Тикунов В.С.* Первое частное энциклопедическое издание России. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2006. № 3. С. 93–94.
- 535. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Оценка социальной устойчивости регионов России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы междунар. конф. Калининград Берлин, 2006. Т. 12. Ч. 1. С. 96–113.
- 536. *Белозёров В.С., Тикунов В.С., Панин А.Н.* Атласная информационная система «Этнодемографические и миграционные процессы региона»: принципы, методы, технологии. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы междунар. конф. Калининград Берлин, 2006. Т. 12. Ч. 1. С. 118–122.
- 537. Зинчук Л.Н., Комедчиков Н.Н., Мартыненко А.И., Постников А.В., Тикунов В.С., Хабаров В.Ф., Шингарёва К.Б. Современные направления развития картографии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2006. № 4. С. 14–19.
- 538. *Krasnov E., Kremers H., Orlyonok V., Tikunov V.* Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience. ICA News, December 2006. P. 5.
- 539. *Ionita A., Thurston J., Nagy-Rothengass M., Tikunov V., Akinyemi F., Baranowski M., Kremers H.* Cartography at the enterprise level: sustainable development in the future. ICA News, December 2006. P. 13–14.
- 540. *Тикунов В.С.* Стратегический план Международной картографической ассоциации на 2003–2011 гг. Геодезия и картография, 2006. № 10. С.14–23.

- 541. *Mazurov Yu.L.*, *Tikunov V.S.* How to measure sustainable development: a view from Russia. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 2006. V. 13. No 6. P. 525–537.
- 542. *Краснов Е.В., Кремерс Х., Орлёнок В.В., Тикунов В.С.* Международная конференция «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2007. № 1. С. 65.
- 543. Зайцев А.Б., Тикунов В.С. Ценовые поверхности недвижимости на примере юго-запада Москвы. Геоинформатика, 2007. № 1. С. 41–44.
- 544. *Vajsman G.Z., Kotova T.V., Tikunov V.S.* History, historical, cultural and natural heritage in the Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomus Region Yugra. ECAI Congress of Cultural Atlases. III Time & Space in Eurasia. May 29 June 1, 2007, Moscow: Russian Academy of Sciences. P. 24–25.
- 545. *Тикунов В.С.* Проект атласной информационной системы «Устойчивое развитие Сочинского региона». Социально-экономическое развитие курортов России. Сочи, 2007. С. 114–117.
- 546. *Borodko A.V.*, *Berljant A.M.*, *Savinykh V.P.*, *Tikunov V.S.* Theory, practice and perspectives of cartography development in the Russian Federation. XXIII International Cartographic Conference. 4–10 August 2007, Moscow. Opening Ceremony Papers. P. 2–6.
- 547. *Nokelaynen T.S.*, *Rubanov I.N.*, *Tikunov V.S.* Atlas information system for sustainable development of territories. XXIII International Cartographic Conference. 4–10 August 2007, Moscow. Abstracts of Papers. P. 123–124.
- 548. *Kasimov N.S., Kotova T.V., Tikunov V.S., Dikunets V.A., Makeev V.N., Moskvina N.N.* Atlas of the KhantyMansi autonomous okrug Yugra: present-day society, economy, nature and environment. XXIII International Cartographic Conference. 4–10 August 2007, Moscow. Abstracts of Papers. P. 125.
- 549. *Krasovskaya T.M.*, *Kotova O.I.*, *Tikunov V.S.* Small-scale mapping of cultural landscapes. XXIII International Cartographic Conference. 4–10 August 2007, Moscow. Abstracts of Papers. P. 126.
- 550. Tikunov V.S., Gubanov M.N., Kiselyova N.M., Nokelajnen T.S., Talskaja N.N., Janvareva L.F. New series of school geographic atlases and maps. XXIII International Cartographic Conference. 4–10 August 2007, Moscow. Abstracts of Papers. P. 353–354.
- 551. Тикунов В.С., Краснов Е.В. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Вестник Российского государственного университета имени И. Канта. Серия естеств. науки. Калининград, 2007. Вып. 1. С. 106–107.
- 552. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Методика оценки экологического состояния окружающей среды регионов России. Проблемы региональной экологии, 2007. № 3. С. 20–28.
- 553. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Социально-экономические и геоинформационные аспекты формирования процесса глобализации. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск Йеллоунайф, 2007. Т. 13. Ч. 1. С. 3–6.
- 554. *Бабурин В.Л., Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Соотношение функциональных и пространственных факторов регионального развития. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск Йеллоунайф, 2007. Т. 13. Ч. 1. С. 35–50.
- 555. *Тикунов В.С., Заварзин А.В.* Трудности сравнительного математического анализа многомерных географических объектов. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск Йеллоунайф, 2007. Т. 13. Ч. 1. С. 78–83.
- 556. Белозёров В.С., Панин А.Н., Тикунов В.С. Атласная информационная система «Муниципальный район» в исследовании демографических и миграционных процессов. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический

- опыт: Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск Йеллоунайф, 2007. Т. 13. Ч. 1. С. 93–99.
- 557. *Орган К.В., Тикунов В.С.* Динамика изменений уровня общественного здоровья в регионах Российской федерации и Украины в сравнении с другими странами мира (1990—2004 гг.). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ханты-Мансийск Йеллоунайф, 2007. Т. 13. Ч. 2. С. 7–19.
- 558. *Krasovskaya T.M.*, *Tikunov V.S.* Aborigine cultural landscapes mapping for spatial data basis supporting economic development of the Russian north. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience: Proceedings of the International conference. Khanty-Mansiysk Yellowknife, 2007. V. 13. Part 2. P. 105–107.
- 559. *Krasovskaya T.M.*, *Tikunov V.S.* Atlas of sustainable development in the Arctic. Landabrefid, 2007. V. 23. No 1. P. 67–72.
- 560. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* О методике оценки индекса развития человеческого потенциала и его использования в российских условиях. Географический вестник. Пермь, 2007. № 1-2. С. 57-72.
- 561. *Тикунов В.С.* Комплексная геоинформационная система для получения интегральных показателей устойчивого развития территорий. Кавказский географический журнал, 2007.  $Notemath{\stackrel{1}{\cancel{0}}} 7-8$ . С. 6-10 (на грузинском языке).
- 562. *Тикунов В.С., Сердюцкая Л.Ф.* Общественное здоровье в Украине и других странах мира. Український географічний журнал, 2007. № 3. С. 46–54.
- 563. *Polyansky S., Sykhanov M., Tikunov V.* Integrated Digital Territory Models and developing a test unit for processing a wide range of organic waste products. Geo-Information Science, 2007. V. 9. No 1. P. 73–77.
- 564. *Касимов Н.С., Мазуров Ю.Л., Малхазова С.М., Романова Э.П., Тикунов В.С.* Географические и социально-экологические императивы устойчивого развития. Экономическая эффективность развития России. М.: ТЕИС, 2007. С. 501–522.
- 565. *Белозёров В.С., Тикунов В.С., Панин А.Н.* Атласная информационная система для изучения этнодемографических процессов в Ставропольском крае. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2008. № 1. С. 39–44.
- 566. *Красовская Т.М., Тикунов В.С.* Картографирование природопользования на территории Ненецкого автономного округа. География и природные ресурсы, 2008. № 1. С. 140–144.
- 567. *Тикунов В.С.* Образование для устойчивого развития территорий: принципы формирования и практический опыт. Образование для устойчивого развития в высшей школе России: научные основы и стратегия развития. М.: Географич. факультет МГУ, 2008. С. 100–109.
- 568. Бондур В.Г., Савин А.И., Тикунов В.С. Основные задачи в области устойчивого развития территорий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 1. С. 3—7.
- 569. *Krasovskaya T.M.*, *Tikunov V.S.* System analysis as a basis for smallscale mapping of nature management in Karelia. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience: Proceedings of the International conference. Saratov Urumqi, 2008. V. 14. Part 1. P. 96–99.
- 570. *Тикунов В.С.*, *Чуклова О.Ю*. Картографирование уровня социальной напряжённости на примере Украины. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 1. С. 106–112.
- 571. Тикунов B.С., Трейвиш A.И. Географические размеры стран и регионов: картографирование и анализ. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий:

- теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 2. С. 197–211.
- 572. Колосов В.А., Тикунов В.С., Калинкин И.В., Федорченко О.В. Картографическое обеспечение приграничного сотрудничества (пример карт потенциала поля расселения в российско-украинском пограничье). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 3. С. 169–177.
- 573. *Тикунов В.С., Кошелев С.Е.* Модели пространственного прогноза пассажиропотоков на примере Калининградской области. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 3. С. 193–197.
- 574. *Кислова В.А.*, *Тикунов В.С.* Разработка курса «Социально-экономическое картографирование» для дистанционного обучения. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Саратов Урумчи, 2008. Т. 14. Ч. 3. С. 240–244.
- 575. *Tikunov V.S.*, *Ormeling F.*, *Konecny M.* Atlas information systems and geographical names information systems as contributants to spatial data infrastructure. International Journal of Digital Earth, 2008. No 1. P. 279 290.
- 576. Берлянт А.М., Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Лурье И.К., Тикунов В.С. Университетская школа географической картографии. Базовые научные концепции и технологии. Географические научные школы Московского университета. М.: Издательство «Городец», 2008. С. 476–515.
- 577. *Tikunov V.S.*, *Treyvich A.I*. The geographical dimensions of countries and regions in twentieth and twenty-first centuries. Geography. Environment. Sustainability, 2008. V. 1. No 1. P. 6–21.
- 578. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика. В 2-х кн. Кн. 1: Учебник для студ. вузов. Ред. В.С.Тикунов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2008. 384 с. 579. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика. В 2-х кн. Кн. 2: Учебник для студ. вузов. Ред. В.С.Тикунов. 2-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2008, 384 с. 580. Берлянт А.М., Комедчиков Н.Н., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Хабаров В.Ф., Шаяпов Р.Г., Шингарёва К.Б. ХХІІІ Международная картографическая конференция. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2008. № 4. С. 64–68.
- 581. *Касимов Н.С., Тикунов В.С.* Пятиязычный географический словарь. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2008. № 4. С. 73.
- 582. *Котова Т.В., Прохоров Б.Б., Тикунов В.С.* Новая инициатива: региональные медикогеографические атласы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2008. № 5. С. 80-81.
- 583. Гусейн-Заде С.М., Тикунов В.С. Анаморфозы: что это такое? 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство ЛКИ, 2008. 168 с.
- 584. *Krasovskaya T.M., Tikunov V.S.* Prospects for a background monitoring network in the Russian Arctic. Polar Geography and Geology, 2008. V. 18. No 2. P. 127–134.
- 585. Зайцев А.Б., Кивва К.В., Тикунов В.С. Использование геоинформационных технологий в схемах территориального планирования. Экологическое планирование и управление, 2009.  $\mathbb{N}$  1–2 (10–11). С. 24–33.
- 586. *Капралов Е.Г., Тикунов В.С., Заварзин А.В. и др.* Сборник задач и упражнений по геоинформатике. 2-е изд., испр. и доп. Учебное пособие. Ред. В.С. Тикунов. М.: Академия, 2009.  $512~\rm c.$
- 587. *Лебедев П.П., Тикунов В.С., Шувалов В.Е.* Научные и научно-методические основы разработки концепции тома «Население. Экономика» Национального атласа России. Материалы Республиканской научно-практической конференции «Научно-методические основы создания Национального атласа Узбекистана». Ташкент, 6–7 мая 2009 г. С. 7–9.

- 588. *Рязанцев С.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А.* Методика оценки напряжённости на российских региональных рынках труда с учётом международной трудовой миграции. Сегодня и завтра российской экономики, 2009. № 24. С. 3–20.
- 589. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Оценка экономической устойчивости регионов Российской федерации. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Пермь Гент, 2009. Т. 15. Ч. 1. С. 3–11.
- 590. *Малхазова С.М., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Природноочаглвые болезни: проект медико-географического атласа России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Пермь Гент, 2009. Т. 15. Ч. 2. С. 480–484.
- 591. *Ryazantsev S.V.*, *Tikunov V.S.*, *Timonin S.A.* GIS and cartographic modeling for sustainable development (demographic aspects). InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: GIS theory and practice: Proceedings of the International conference. Perm Ghent, 2009. V. 15. Part 2. P. 194–207.
- 592. *Грибок М,В., Тикунов В.С.* Исследование образов регионов России в федеральных телевизионных средствах массовой информации с помощью ГИС. Экономико-географический вестник Южного федерального университета, 2009. № 6. С. 24–33.
- 593. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Оценка социальной, экономической и экологической устойчивости развития регионов России. Экономико-географический вестник Южного федерального университета, 2009. № 6. С. 58-70.
- 594. *Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А.* Картографические Web-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации. Пространственные данные в информационных, кадастровых и геоинформационных системах, 2009. № 3. С. 6–12.
- 595. Губанов М.Н., Калинкин И.В., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Котова О.И., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Рябова Н.В., Тальская Н.Н., Тикунов В.С. Комплексный атлас Ханты-Мансийского автономного округа Югры: новый подход к созданию региональных атласов. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2009. № 3. С. 43–49.
- 596. *Тикунов В.С.* Памяти академика Чен Шупена. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2009. № 3. С. 86–87.
- 597. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Устойчивое развитие регионов России: интегральная оценка. Географический вестник. Пермь, 2009. № 3 (11). С. 69–76.
- 598. Осипов Г.В., Иванова А.Е., Рыбаковский Л.Л., Рязанцев С.В., Семёнова В.Г., Тикунов В.С., Архангельский В.Н., Маньшин Р.В., Письменная Е.Е., Тимонин С.А. Атлас демографического развития России. М.: Экономическое образование, 2009. 220 с.
- 599. *Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А.* Картографические Web-сервисы геопорталов: технологические решения и опыт реализации. Пространственные данные в информационных, кадастровых и геоинформационных системах, 2009. № 4. С. 16–20.
- 600. Tikunov V. InterCarto. InterGIS 15. ICA News, 2009. No 53. P. 17–18.
- 601. *Tikunov V.S.* The educational program "Social ecology and tourism" of the Black Sea Branch of M.V. Lomonosov Moscow State University. Tourism Today, 2009. No 9. P. 116–126.
- 602. Дьяконов К.Н., Тикунов В.С. Новое эколого-географическое направление экология войны. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2010. № 1. С. 95.
- 603. Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика. В 2-х книгах. Кн. 1: Учебник для студ. вузов. Ред. В.С. Тикунов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2010. 400 с.
- 604. *Капралов Е.Г., Кошкарёв А.В., Тикунов В.С. и др.* Геоинформатика. В 2-х книгах. Кн. 2: Учебник для студ. вузов. Ред. В.С.Тикунов. 3-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2010. 432 с. 605. *Кошкарёв А.В., Тикунов В.С., Тимонин С.А.* Геопортал «Демография»: методика и технологии картографирования. Геодезия и картография, 2010. № 1. С. 24–31.

- 606. Кошкарёв А.В., Пьянков С.В., Ротанова И.Н., Тикунов В.С. Итоги юбилейной Международной конференции ИнтерКарто. Интер ГИС 15: от эпохи ГИС к эпохе ИПД. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2010. № 2. С. 65–71.
- 607. Дьяконов К.Н., Тикунов В.С. Современный синтез теории физической географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2010. № 2. С. 81–82.
- 608. *Тикунов В.С., Трофимов А.М.* Становление геоинформатики и устойчивое развитие территорий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ростов-наДону Зальцбург, 2010. Т. 16. С. 10–13.
- 609. Денисенко М.Б. Игонин А.И. Сидоренко В.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование изменений демографической ситуации в России за последние 150 лет. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Ростов-наДону Зальцбург, 2010. Т. 16. С. 115–124.
- 610. *Krayukhin A.N.*, *Tikunov V.S.* The National Atlas of Russia. Geography, Environment, Sustainability, 2010. V. 3. No 1. P. 93–97.
- 611. *Тикунов В.С., Исаев И.А., Слука Н.А.* Геоинформационное картографирование и изучение сложных объектов на примере демоэкономической динамики городского развития мира. Геоинформационное картографирование в географии и геоэкологии. Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. С. 4–20.
- 612. *Тикунов В.С.* Геоэкоинформационные системы. Современные проблемы географии и гидрологии суши. Лекции: Всероссийская молодежная научная школа. Красновидово, 22–25 сентября 2010 г. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 172–188.
- 613. Плюснин В.М., Батуев А.Р., Корытный Л.М., Бычков И.В., Ружников Г.М., Тикунов В.С., Тулохонов А.К., Птицын А.Б., Доржготов Д. Формирование инфраструктуры Байкальского региона пространственных данных на основе создания фундаментальных цифровых картографических произведений. Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных: Материалы IX научн. конф. по тематической картографии. Иркутск, 9–12 ноября 2010 г. Иркутск: Издательство Института географии имени В.Б.Сочавы СО РАН, 2010. Т. 1. С. 12–15.
- 614. Тикунов В.С., Нокелайнен Т.С., Краюхин А.Н., Корытный Л.М., Батуев А.Р., Тулохонов А.К., Птицын А.Б. Атлас социально-экономического развития России. Тематическое картографирование для создания инфраструктур пространственных данных: Материалы IX научн. конф. по тематической картографии. Иркутск, 9–12 ноября 2010 г. Иркутск: Издательство Института географии имени В.Б.Сочавы СО РАН, 2010. Т. 1. С. 129–130.
- 615. Дашдаваа Ч., Железняков А.С., Тикунов В.С. Национальный атлас устойчивого развития Монголии (на монгольском и русском языках). Улаанбаатар Москва, 2010. 42 с. 616. Kuemmerle T., Muller D., Prishchepov A., Rylskiy I., Tikunov V.S., Icantara C., Bashkin L., Radeloff V.C. Forest transition patterns in Eastern Europe and the former Soviet Union. Global land Project Open Science Meeting Temple. Arizona, October 17–19, 2010.
- 617. *Сидоренко В.Н.*, *Денисенко М.Б.*, *Игонин А.И*. Математико-картографическое моделирование динамики и региональной дифференциации демографических показателей России на микроуровне за последние 150 лет. Проблемы народонаселения в зеркале истории. Шестые Валентиновские чтения. М., МГУ, 22–24 апреля 2010 г. Т. 2. С. 54 75.
- 618. *Тикунов В.С.* Геоинформационные экологические системы. Проблемы региональной экологии, 2010. № 2. С. 73–83.
- 619. *Tikunov V.S.* InterCarto conferences. Geography, Environment, Sustainability, 2010. V. 3. No 2. P. 120–124.
- 620. *Mazurov Yu.L.*, *Tikunov V.S.* The Arctic: a dialogue for development. Geography, Environment, Sustainability, 2010. V. 3. No 3. P. 107–109.

621. Комедчиков Н.Н., Котляков В.М., Краюхин А.Н., Тикунов В.С. Атласная картография в России в начале нового тысячелетия: итоги и перспективы. Геодезия и картография, 2011. № 1. С. 18–22.

то же

Комедчиков Н.Н., Котляков В.М., Краюхин А.Н., Тикунов В.С. Итоги и перспективы атласной картографии в России в начале нового тысячелетия. Интерэкспо ГеоСибирь. Новосибирск, 2011. Т. 10. С. 10–16.

- 622. Комедчиков Н.Н., Краюхин А.Н., Савиных В.П., Тикунов В.С. Картография в России: преемственность традиций и новые задачи. Геодезия и картография, 2011. № 1. С. 23–27.
- 623. *Касимов Н.С., Тикунов В.С.* Технологии прогнозирования и предупреждения опасных природных явлений. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2011. № 1. С. 72—74.
- 624. Душнюк Н.А., Тикунов В.С. Проблема мигрантов катализатор этнического конфликта. Известия Иркутского гос. университета. Серия Науки о Земле, 2011. Т. 4. № 1. С. 79–86.
- 625. *Tikunov V.S.* Geographical Naming in Digital Era. The 17<sup>th</sup> International Seminar on Sea Names. August 17–20, 2011, Burnaby, Canada. 2011. P. 45–48.
- 626. *Мазуров Ю.Л., Тикунов В.С.* Арктика: диалог в интересах развития. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2011. № 3. С. 72–74.
- 627. *Тикунов В.С.* Космические образовательные технологии инвестиции в будущее. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2011. № 3. С. 81.
- 628. *Kasimov N.S.*, *Kotova T.V.*, *Tikunov V.S.* The Environmental Atlas an important stage in Arctic research. Geography, Environment, Sustainability, 2011. V. 4. No 3. P. 52–67.
- 629. Сидоренко В.Н., Денисенко М.Б., Игонин А.И., Тикунов В.С. Географический анализ изменений демографической ситуации в России за последние 150 лет. География и природные ресурсы, 2011. № 3. С. 5–13.

то же

Sidorenko V.N., Denisenko M.B., Igonin A.I., Tikunov V.S. Geographical analysis of changes in the demographic situation in Russia for the last 150 years. Geography and Natural Resources (English translation of Geografiya i Prirodnye Resursy), 2011. V. 32. No 3. P. 205–212.

- 630. Тикунов В.С. Актуальные вопросы и проблемы геоэкологии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2011. № 4. С. 99.
- 631. Ватлина Т.В., Тикунов В.С. Типология районов Смоленской области на основе динамики заболеваемости. Известия Смоленского государственного университета, 2011. Т. 14. № 2. С. 92–99.
- 632. Душнюк Н.А., Тикунов В.С. Облачные вычисления новая ступень развития геоинформационного инструментария. Геодезия и картография, 2011. № 10. С. 31–33.
- 633. *Komedchikov N.N.*, *Kotlyakov V.M.*, *Krayukhin A.N.*, *Tikunov V.S.* Atlas mapping in Russia. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: GIS theory and practice: Proceedings of the International conference. Belokurikha Denpasar, 2011. V. 17. P. 3–6.
- 634. Губанов М.Н., Кожухарь А.Ю., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Тальская Н.Н., Тикунов В.С. Новый этап картографирования для высшей школы. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 6–10.
- 635. Бакланов П.Я., Ермошин В.В., Комедчиков Н.Н., Кошкарёв А.В., Краснопеев С.М., Ротанова И.Н., Серебряков В.А., Тикунов В.С., Хромова Т.Е. Геоинформационные технологии для территориального планирования и регионального управления. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 147–150.

то же

Бакланов П.Я., Ермошин В.В., Комедчиков Н.Н., Кошкарёв А.В., Краснопеев С.М., Ротанова И.Н., Серебряков В.А., Тикунов В.С., Хромова Т.Е. Геоинформационные

- технологии для территориального планирования и регионального управления. XIV Съезд Русского географического общества. Сборник научных работ. М., 2011. Т. 1. Ч. 2. С. 300—304.
- 636. *Тикунов В.С., Чуклова О.Ю.* Оценка миграционных процессов в российско-украинском приграничье с применением ГИС-технологий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 165–170.
- 637. Тикунов В.С., Савчук И.Г., Чуклова О.Ю. Использование ГИС-технологий в исследовании международного пассажирского железнодорожного сообщения в российско-украинском пограничье. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 207–216.
- 638. Головина Е.Д., Тикунов В.С. Создание карты уровня влияния минерально-сырьевой базы на социально-экономическое развитие регионов Российской Федерации. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 221–224.
- 639. Головина Е.Д., Тикунов В.С. Создание серии карт полезных ископаемых на территорию Байкальского региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 236–243.
- 640. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Экологический атлас России: новый проект. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Белокуриха Денпасар, 2011. Т. 17. С. 277 282.
- 641. *Рязанцев С.В., Тикунов В.С.* Трансформация этнической структуры населения российских регионов. Миграционный мост между Центральной Азией и Россией: роль миграции в модернизации и инновационном развитии экономики посылающих и принимающих мигрантов стран. М.: Экон-информ, 2011. С. 479—486.
- 642. *Тикунов В.С., Тимонин С.А., Рязанцев С.В.* Методика оценки и картографирования этнических процессов в России. Миграционный мост между Центральной Азией и Россией: роль миграции в модернизации и инновационном развитии экономики посылающих и принимающих мигрантов стран. М.: Экон-информ, 2011. С. 557–561.
- 643. *Komedchikov N.N.*, *Tikunov V.S.* The XXV International Cartographic Conference and the XV General Assembly of the International Cartographic Association. Geography, Environment, Sustainability, 2011. V. 4. No 2. P. 87–91.
- 644. *Грибок М.В., Тикунов В.С.* Геоинформационная система как инструмент для разработки стратегии федерального телевизионного вещания (на примере телеканала «Россия»). География и природные ресурсы, 2011. № 4. С. 131–140.
- 645. Душнюк Н.А., Тикунов В.С. Оценка этнической устойчивости регионов России. Вестник Ставропольского гос. университета, 2011. Вып. 76 (5). Ч. 2. С. 204–211.
- 646. Белозёров В.С., Тикунов В.С., Раужин И.Г. Геоинформационная система мониторинга демографических процессов в России. Вестник Ставропольского гос. университета, 2011. Вып. 76 (5). Ч. 2. С. 212–216.
- 647. *Pyankov S.V.*, *Tikunov V.S.* Geographic information for sustainability. ICA News, 2011. No 57. P. 14–15.
- 648. Железняков А.С., Тикунов В.С., Голубчиков Ю.Н., Рахимов К.К., Собянин А.Д. Железнодорожные модели интеграции Центральной Евразии. Теория и практика общественного развития, 2011. № 8, декабрь. С. 105–110.
- 649. *Aleksandrova A.Yu.*, *Tikunov V.S.* Tourism and regional development at Lomonosov Conference in Sevastopol (Ukraine). Tourism Today, 2011. No 11. P. 184–186.
- 650. *Pyankov S.V.*, *Tikunov V.S.* Workshops of the International Cartographic Association. Geography, Environment, Sustainability, 2012. V. 5. No 1. P. 120–124.

- 651. Зайцев А.Б., Кивва К.В., Тикунов В.С. Геоинформационное моделирование и анализ в схемах территориального планирования. Люди и карты: географические аспекты исследования населения. Ставрополь, 2012. С. 28–40.
- 652. *Киселёва Н., Тикунов В.* Здравоохранение и здоровье населения России: картографирование, динамика, проблемы. Географическое положение и территориальные структуры. М.: Издательство «Новый хронограф», 2012. С. 708–720.
- 653. *Тикунов В.С., Савчук И.Г., Чуклова О.Ю*. Применение картографических моделей картоидов и анаморфоз для изучения международного пассажирского железнодорожного сообщения. Україньский географічний журнал, 2012. № 1. С. 63–68.
- 654. Пьянков С.В., Тикунов В.С. Международная школа-семинар «Геоинформационное обеспечение модернизации России и стран СНГ. Организационный, технологический и кадровый потенциал». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2012. № 2. С. 92—94.
- 655. Горлов В.Е., Губанов М.Н., Тикунов В.С. Первая карта нефтяной и газовой промышленности России для высших учебных заведений: географический и геоинформационный аспекты. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Смоленск, Сен-Дье-де-Вож (Франция), 2012. Т. 18. С. 251–255.
- 656. Губанов М.Н., Киселёва Н.М., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С. Тальская Н.Н., Тикунов В.С. Картографирование для высшей школы: современное состояние и перспективы. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2012. № 3. С. 7–14.
- 657. Пржевальский H., Tикунов B. Топография, картография и Пржевальский. География, 2012. № 8. С. 22–23.
- 658. Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Бычков И.В., Доржготов Д., Корытный Л.М., Плюснин В.М., Птицын А.Б., Слипенчук М.В., Тикунов В.С., Тулохонов А.К. Разработка и создание российско-монгольского атласа развития трансграничного Байкальского макрорегиона. Национальне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Национальні атласи у формуванні глобального інформаційного простору». Київ, 13–14 вересня 2012 р. Київ: ДНВП «Картографія», 2012. Вип. 5. С. 17–19.
- 659. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Атласная изученность экологического состояния территории России. Национальне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. Национальне картографування: стан, проблеми та перспективи розвитку. Збірник матеріалів V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Национальні атласи у формуванні глобального інформаційного простору». Київ, 13–14 вересня 2012 р. Київ: ДНВП «Картографія», 2012. Вип. 5. С. 74–77.
- 660. Голубчиков Ю.Н., Рахимов К.К., Собянин А.Д., Тикунов В.С. Географическое обоснование индо-сибирского транспортного направления. География и природные ресурсы, 2012. № 3. С. 168-172.

- Golubchikov Yu.N., Rakhimov K.K., Sobianin A.D., Tikunov V.S. Geographical substantiation of the Indo-Siberian transport direction. Geography and Natural Resources, 2012. V. 33. No 3. P. 258–261.
- 661. *Александрова А.Ю.*, *Миленко Н.Н.*, *Тикунов В.С.* География на Ломоносовских чтениях в Черноморском филиале МГУ (Севастополь). Вестник Московского университета. Серия геогр., 2012. № 5. С. 91–92.
- 662. *Касимов Н.С., Котляков В.М., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Тематическое и атласное картографирование: современное состояние и перспективы. Сборник статей по итогам торжественного заседания, посвящённого 200-летию Российской военно-топографической службы. М.: МИИГАиК, 2012. С. 54–60.

- 663. Тикунов В.С., Касимов Н.С., Котова Т.В. Атласное экологическое картографирование России. Современная географическая картография. М.: Дата+, 2012. С. 133–145.
- 664. Тикунов В.С., Нокелайнен Т.С., Котова Т.В. Атлас устойчивого развития России: опыт разработки. Современная географическая картография. М.: Дата+, 2012. С. 146–157.
- 665. Ватлина Т.В., Евдокимов С.П., Кошкарёв А.В., Путренко В.В., Тикунов В.С. Международная конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС 18. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». Геодезия и картография, 2012. № 10. С. 60—63.
- 666. Железняков А.С., Тикунов В.С. Монгол улсын тогтвортой хөгжлийн атласын онолын ундэслэл. Улаанбаатар, 2012. 220 с. (на монгольском языке).
- 667. Голубчиков Ю.Н., Тикунов В.С. Гуманитарно-географические следствия дестабилизаций демографических градиентов и констант. Региональные исследования, 2012. № 3 (37). С. 44–52.
- 668. *Касимов Н.С., Котляков В.М., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Тематическое и атласное картографирование: современное состояние и перспективы. Геодезия и картография, 2012. № 10. С. 60–63.
- 669. *Тикунов В.С., Касимов Н.С., Котова Т.В., Рыбальский Н.Г.* Атласное экологическое и природно-ресурсное картографирование. Использование и охрана природных ресурсов в России, 2012. N 6, 126. С. 57–64.
- 670. Алексеевский Н.И., Белоусов С.К., Добролюбов С.А., Магрицкий Д.В., Нокелайнен Т.С., Тикунов В.С. Атлас «Российская Арктика в XXI веке: природные вызовы и риски освоения». ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Курск Богота (Колумбия), 2013. Т. 19. С. 3–14.
- 671. Болдак А.А., Згуровский М.З., Рубанов И.Н., Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Индекс развития человеческого потенциала для субъектов России и Украины. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Курск Богота (Колумбия), 2013. Т. 19. С. 129–146.
- 672. Тикунов В.С., Яблоков В.М. Атласная информационная система для Байкальского региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: Материалы Междунар. конф. Курск Богота (Колумбия), 2013. Т. 19. С. 197–202.
- 673. *Голубчиков Ю.Н., Тикунов В.С.* Анализ программ устойчивого развития горных территорий земного шара применительно к возможностям их реализации в республике Алтай. Мир науки, культуры, образования, 2013. № 1 (38). С. 346–351.
- 674. *Riazantsev S., Tikunov V., Timonin S.* Mathematical cartographic apprpaches towards evaluation and forecasting of ethnic composition in the Russian regions. Annals of GIS, 2013. No 1. V. 19. P. 17–25.
- 675. *Касимов Н.С., Тикунов В.С., Котова Т.В.* Атласная изученность экологического состояния территории России. Україньский географічний журнал, 2013. № 1. С. 53–59.
- 676. Голубчиков Ю.Н., Тикунов В.С. Приложение антропного принципа к биосфере. Економічна та соціальна географія, 2013. Вип. 2 (67). С. 129–150.
- 677. Kasimov N.S., Tikunov V.S. The National Arctic Atlas to meet the challenges of sustainable development in the Arctic Region of Russia. CEGeoIC 2013: International Conference on Environmental Information and Communication. Bogota, Feb. 6–8, 2013. Proceedings. P. 11–21.
- 678. *Golubchikov Yu.N.*, *Tikunov V.S.*, *Tikunova I.N.* Geographical substantiation of forming a database "The Sub-Alpine Potential for the Sub-Artcic Farming". CEGeoIC 2013: International Conference on Environmental Information and Communication. Bogota, Feb. 6–8, 2013. Proceedings. P. 57–62.
- 679. *Магрицкий Д.В., Алексеевский Н.И., Тикунов В.С.* Атлас «Российская Арктика в XXI веке: природные вызовы и риски освоения». Арктические ведомости, 2013. № 3 (7). С. 156–159.

- 680. *Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С., Чи-Гон Сун.* Противоречивость и несогласованность пространственновременных данных: возможность решения проблемы в геоинформационной среде. Геодезия и картография, 2013. № 4. С. 41–47.
- 681. *Кремерс Х., Попкова Л.И., Котова О.И., Тикунов В.С., Торрес М.А.* Международная конференция «ИнтерКарто. ИнтерГИС 19. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». Геодезия и картография, 2013. № 5. С. 47–54.
- 682. *Голубчиков Ю.Н., Тикунов В.С., Чи-Гон Сун.* Энергопотребление: взгляд из космоса. Энергия: экономика, техника, экология, 2013. № 9. С. 37–43.
- 683. *Бочковская А.И., Колосов В.А., Подгрушный Г.П., Руденко Л.Г., Тикунов В.С.* Атласная система украинско-российского пограничья информационный ресурс трансграничного сотрудничества. Україньский географічний журнал, 2013. № 4. С. 66–71.
- 684. *Belozerov V.S.*, *Tikunov V.S.*, *Cherkasov A.A.*, *Ibrahimov A.*, *Caliskan V.* Geoinformation technologies in the study of ethnic aspects of urbanization in Russia. Geography, Environment, Sustainability, 2013. V. 6. No 4. P. 19–30.
- 685. Колосов В.А., Руденко Л.Г., Тікунов В.С. Атласна інформаційна система російськоукраїнського прикордоння (завдання і зміст). Науковий часопис НПУ імені М.П. Драгоманова, геграфія і сучасність. Київ: Видавництво НПУ імені М.П. Драгоманова, 2013. N 18 (30). С. 8–17 (на украинском языке).
- 686. *Bondur V.G.*, *Tikunov V.S.* Developing a model of transformation of cities based on the principles of eco-development and using space monitoring technologies. 2013 Euro-Asia Economic Forum. S&T Sub-Forum's Documents. Innovation Driven Urban Ecological Development. Xi'an, China, 2013. P. 59–60.

- Бондур В.Г., Тикунов В.С. Разработка модели трансформации городов на основе принципов экоразвития с использованием технологий космического мониторинга. Евразийский экономический форум 2013. Сборник статей научно-технической конференции. Построение экологически чистых городов на основании инноваций. Сиань, Китай, 2013. С. 61–63.
- 687. *Tikunov V.S.* InterCarto. InterGIS 19. ICA News, 2013. № 61. P. 18–19.
- 688. *Rotanova I.N., Tikunov V.S., Dzhanaleeva G.M., Myrzagalieva A.B., Chen Xi, Gendenjav N., Choijinjav M.L.* International mapping project "The Atlas Greater Altai: Nature, History, Culture" as the foundation for models of sustainable development. Geography, Environment, Sustainability, 2014. V. 7. No 1. P. 99–108.
- 689. Rybalsky N.G., Tikunov V.S. Forum "Arctic the territory of dialogue". Geography, Environment, Sustainability, 2014. V. 7. No 1. P. 109–112.

- *Рыбальский Н.Г., Тикунов В.С.* Форум «Арктика территория диалога». Вестник Московского университета. Серия геогр., 2014. № 2. С. 74–75.
- 690. *Тикунов В.С.* О комплексности развития городских территорий. Управление развитием территории, 2014. № 1. С. 29–30.
- 691. *Tikunov V.S.*, *Chereshnya O.Yu*. The geographical size of a country and methods for its calculation and mapping. Thematic Cartography for the Society, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Ed. by T. Bandrova et al. Switzerland: Springer International Publishing, 2014. P. 131–140.
- 692. Колосов В.А., Руденко Л.Г., Тикунов В.С., Герцен А.А., Головина Е.Д., Зотова М.В., Себенцов А.С. Атласная информационная система российско-украинского приграничья. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: картографогеоинформационное обеспечение: Материалы Междунар. конф. Белгород Харьков (Украина) Кигали (Руанда) Найроби (Кения), 2014. Т. 20. С. 23—43.
- 693. Cui Weihong, Jiang Yang-ming, Golubchikov Yu.N., Rakhimov K.K., Sobyanin A.D., Tikunov V.S., Wang Yun-fei, Yang Xian-kun. Geographical substantiation of the Pacific-Atlantic and Indo-

Arctic transport net. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: cartography and GI support: Proceedings of the International conference. Belgorod – Kharkov (Ukraine) – Kigali (Rwanda) – Nairobi (Kenya), 2014. V. 20. P. 237–249 (на китайском языке).

- Cui Weihong, Jiang Yang-ming, Golubchikov Yu.N., Rakhimov K.K., Sobyanin A.D., Tikunov V.S., Wang Yun-fei, Yang Xian-kun. Geographical substantiation of the Pacific-Atlantic and Indo-Arctic transport net. Regional Bulletin of the East, 2014. V. 62. No 2. P. 70–88.
- 694. Тикунов В.С., Губанов М.Н., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Тальская Н.Н. Картографирование для высшей школы на современном этапе развития научно-справочного картографирования России и мира. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: картографогеоинформационное обеспечение: Материалы Междунар. конф. Белгород Харьков (Украина) Кигали (Руанда) Найроби (Кения), 2014. Т. 20. С. 553—562.
- 695. Kolosov V.A., Rudenko L.G., Tikunov V.S., Gercen A.A., Golovina E.D., Zotova M.V., Sebentsov A.S. Atlas information system of Russian-ukrainian borderland. InterCarto. InterGIS. Sustainable development of territories: cartography and GI support: Proceedings of the International conference. Belgorod Kharkov (Ukraine) Kigali (Rwanda) Nairobi (Kenya), 2014. V. 20. P. 29–30.
- 696. Зайцев А.Б., Кивва К.В., Тикунов В.С. Использование геоинформационных технологий в схемах территориального планирования. Известия РАН. Серия географич., 2014. № 3. С. 87–102.
- 697. *Ротанова И.Н., Тикунов В.С.* Историко-культурное наследие Алтайского региона в атласе «Большой Алтай: природа, история, культура». Сохранение и изучение культурного наследия Алтайского края. Сборник науч. статей. Ред. А.А. Тишкин, В.П. Семибратов. Барнаул: Издательство Алтайского университета, 2014. Вып. ХХ. С. 267–272.
- 698. Попков А.В., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование развития муниципальных образований на основе данных из социальных сетей. Геодезия и картография, 2014. № 1. С. 34–37.
- 699. *Ротанова И.Н., Тикунов В.С., Тишкин А.А.* Атлас Большого Алтая: природа, история, культура. Идея и подходы к созданию. Геодезия и картография, 2014. № 1. С. 59–63.
- 700. Тикунов В.С., Белозёров В.С., Панин А.С., Черкасов А.А. Полимасштабный геоинформационный мониторинг миграционных процессов: общие подходы. Наука. Инновации. Технологии, 2014.  $\mathbb{N}$  1. Т. 5. С. 135–144.
- 701. *Тикунов В.С., Черешня О.Ю.* Общегеографический индекс размера: страны мира и регионы Российской Федерации. Наука. Инновации. Технологии, 2014. № 2. Т. 6. С. 69–80. 702. *Тикунов В.С., Губанов М.Н., Карпович Л.Л., Киселёва Н.М., Котова Т.В., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Тальская Н.Н.* Новые обзорные карты России и мира. Геодезия и картография, 2014. № 6. С. 40–49.
- 703. Железняков А.С., Тикунов В.С. Монгольский мир: методы исследования. М. Улан-Батор: Издательство Соёмбо принтинг, 2014. 155 с.
- 704. *Сомов Э.В., Тикунов В.С.* Геоинформационное моделирование интегральной транспортной доступности при планировании приоритетных направлений развития транспортной инфраструктуры на примере метрополитена г. Москвы. Геодезия и картография, 2014. № 8. С. 49–53.
- 705. Lukyanetz A.S., Nguyen Canh Toan, Pismennaya E.E., Ryazantsev S.V., Tikunov V.S., Pham Hoang Hai. Vietnamese migration in the context of climate change. Geography, Environment, Sustainability, 2014. V. 7. No 3. P. 4–21.
- 706. *Перминова Ю.Ю.*, *Тикунов В.С.* Образы регионов России в Интернете. География и природные ресурсы, 2014. № 3. С. 148–156.
- 707. *Голубчиков Ю.Н.*, *Тикунов В.С.*, *Тикунова И.Н*. Геоинформационная система для демографических исследований. Географический вестник, 2014. № 3 (30). С. 130–137.

- 708. Сомов Э.В., Тикунов В.С. Оценка приоритетности строительства транспортных объектов на примере метрополитена г. Москвы. Управление развитием территории, 2014.  $\mathbb{N}_2$  3. С. 47–48.
- 709. *Письменная Е.Е., Рязанцев С.В., Тикунов В.С.* Географические особенности трудовой миграции в контексте евразийской интеграции. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2014. № 5. С. 42–52.
- 710. *Панин А.Н., Тикунов В.С., Фурщик М.А.* Геоинформационное обеспечение туризма в России: Подходы, методы, технология. М.: АНО «Диалог культур», 2014. 80 с.
- 711. *Попков А.В., Тикунов В.С.* Математико-картографическое моделирование жилищной сферы в геоинформационной среде. Наука. Инновации. Технологии, 2014. № 3. Т. 6. С. 150—160.
- 712. *Тикунов В.С., Белоусов С.К.* Оценка динамики социальной устойчивости регионов Российской Федерации за 2001–2012 гг. Наука. Инновации. Технологии, 2014. № 4. Т. 6. С. 148–166.
- 713. *Перминова Ю.Ю., Тикунов В.С.* Эколого-географическое изучение образов стран мира в сети Интернет. Проблемы региональной экологии, 2014. № 4. С. 190–197.
- 714. *Касимов Н.С., Котляков В.М., Чилингаров А.Н., Красников Д.Н., Тикунов В.С.* Национальный атлас Арктики: структура и этапы разработки. Лёд и снег, 2015. № 1 (129). С. 4–14.

- *Касимов Н.С., Котляков В.М., Чилингаров А.Н., Красников Д.Н., Тикунов В.С.* Национальный атлас Арктики: структура и подходы к созданию. Современные производительные силы, 2015. № 3. С. 40–49.
- 715. Gusein-Zade S.M., Tikunov V.S. Visualisation in noneuclidean metrics. Hong Kong, 2015. 213 p.
- 716. *Бондур В.Г., Тикунов В.С.* О научных рейтингах персональной и журнальной индексации. Экология и жизнь, 2015. № 135. С. 24–25.

- *Бондур В.Г., Тикунов В.С.* О научных рейтингах персональной и журнальной индексации. Наукоград, 2015. № 3. С. 38–40.
- 717. *Somov E.V.*, *Tikunov V.S.* Approach to geoinformation modeling of provision of the population with public transport in Moscow. Regional Research of Russia, 2015. No 2. V. 5. P. 178–192.
- 718. *Rylsky I.A.*, *Tikunov V.S.* Summing up the abilities of modern airborne Lidars for forest mapping. ISPRS WG IV/2 Workshop "Global Geospatial Information and High Resolution Global Land Cover/ Land Use Mapping". April 21, 2015, Novosibirsk, Russian Federation. P. 86–95.
- 719. *Panin A.N.*, *Tikunov V.S.* Ethnic "barometer": ethno-demographic and ethno-migration processes in the North Caucasus. Journal of the Geographical Institute "Jovan Cvijič" SASA. Belgrade, 2015. No 1. V. 65. P. 77–89.
- 720. Kuemmerle T., Kaplan J.O., Prishchepov A.V., Rylsky I., Chaskovskyy O., Tikunov V.S., Muller D. Forest transitions in Eastern Europe and their effects on carbon budgets. Global Change Biology, 2015. No 21. P. 3049–3061.
- 721. Ротанова И.Н., Тикунов В.С. Атлас Большого Алтая в контексте создания экономического пояса Шёлкового пути. 2015 Евразийский экономический форум. Сиань, Китай, 2015. С. 162–168 (на русском, китайском, английском языках).
- 722. *Ротанова И.Н., Тишкин А.А., Тикунов В.С.* Контент исторического «Атласа Большого Алтая: природа, история, культура». Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер». Спец. выпуск 43, сентябрь 2015. Барнаул: Издательство Алтайского университета, 2015. С. 135–139.
- 723. *Тикунов В.С.* Метро для автомобилей или как реконструировать Ленинский проспект в Москве. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2015. № 1. С. 93–94.

- 724. *Тикунов В.С., Белозёров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Черкасов А.А.* Геоинформационный мониторинг: инструмент пространственно-временного анализа миграции населения. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2015. № 2. С. 33—39.
- 725. *Головина Е.Д., Зотова М.В., Себенцов А.Б., Тикунов В.С.* Картографирование барьерной функции государственных границ. Геодезия и картография, 2015. № 3. С. 32–41.
- 726. *Малхазова С.М.*, *Котова Т.В.*, *Тикунов В.С.* Картографирование динамики заболеваемости населения: подходы и новые решения. Геодезия и картография, 2015. № 10. С. 25–33.
- 727. Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov R., Massel L., Strobl J. Digital Earth and Evolution of Cartography. Procedia Computer Science, 2015. V. 66. P. 235–238.
- 728. *Eremchenko E.N.*, *Lappalainen H.K.*, *Tikunov V.S.*, *Idrizi B.* Digital Earth approach for PanEurasian Experiment (PEEX Program). International Scientific Journal Micro, Macro& Mezzo Geo Information 2015. No 5. P. 26–34.
- 729. Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С. Цифровая земля и картография. Геодезия и картография, 2015. № 11. С. 6–15.
- 730. *Тикунов В.С.*, *Умывакин В.М.*, *Иванов Д.А*. Квалиметрические оценки и картографирование потенциальной эрозионной деградации территорий речных водосборов. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: картографогеоинформационное обеспечение: Материалы Междунар. конф. Краснодар Сочи Сува (Фиджи), 2015. Т. 21. С. 428–432.
- 731. Тикунов В.С., Горлов В.Н., Губанов М.Н., Нокелайнен Т.С., Рябова Н.В., Тимонин С.А., Яблоков В.М. Учебные социально-экономические карты современной России. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: Материалы Междунар. конф. Краснодар Сочи Сува (Фиджи), 2015. Т. 21. С. 618—624.
- 732. Колосов В.А., Тикунов В.С. Геоинформатика в комплексном регионоведении. Мировое комплексное регионоведении: введение в специальность. Учебник. Ред. А.Д. Воскресенский. М.: Магистр: ИНФРА-М Москва, 2015. С. 88–315.
- 733. *Грибок М.В., Тикунов В.С.* Картографирование природно-экологической составляющей образного пространства России в СМИ (на примере «РИА-Новости»). Вестник Московского университета. Серия геогр., 2015. № 5. С. 17–24.
- 734. Лукьянец А.С., Нгуен Кань Тоан, Рязанцев С.В., Тикунов В.С., Фам Хоанг Хай. Влияние климатических изменений на миграцию населения во Вьетнаме. География и природные ресурсы, 2015. № 3. С. 191–196.
- 735. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Индекс экономического развития регионов Российской Федерации. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2015. № 6. С. 41–47.
- 736. Акимов Т.К., Алиева Н., Баденков Ю.П., Бельдей В.А., Бессарабов Г.Д., Боровиков С.Е., Вассерман А.А., Гаврилов Д.А., Голубчиков Ю.Н., Григорьев С.Е., Ёлкин С.В., Железняков А.С., Забелло Я.Ю., Казанцев Е.Д., Латыпов Н.Н., Малышев А.А., Мясников А.В., Пак М.Д., Панфилова В.В., Переслегин С.Б., Плюснин Ю.М., Рахимов К.К., Рудашевский В.Д., Рыскулов Д.М., Сабкалов В., Собянин А.Д., Тикунов В.С., Филиппенко А.В., Чакеева М.У., Чернов М.И., Шабдолов Ш.Д., Шибутов М.М. СТЕК: Система транспортных евразийских коридоров, Пушкино: Центр стратегической конъюнктуры, 2015. 644 с.
- 737. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Индекс социального развития регионов Российской Федерации. Известия РАН. Серия географическая, 2016. № 1. С. 19–24.
- 738. *Tikunov V.S.*, *Chereshnya O.Yu*. Public Health Index in the Russian Federation from 1990 to 2013 in comparison with other countries. Geography, Environment, Sustainability, 2016. No 1. V. 9. P. 94–108.

- 739. *Тикунов В.С., Ерёмченко Е.Н.* Новые дороги Новой Москве. Градостроительство, 2016. № 1. Т. 41. С. 38–40.
- 740. Яблоков В.М., Тикунов В.С. Принципы создания атласной информационной системы на базе Интернета для устойчивого развития территорий. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2016. № 1. С. 29–38.
- 741. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Напряжённость экологической ситуации в регионах России: методика расчёта и визуализации. География и природные ресурсы, 2016. № 2. С. 166–174.
- 742. *Tikunov V.S.*, *Chereshnya O.Yu*. Public Health Index in Russian Federation from 1990 to 2012. Social Indicators Research, 2016. V. 129. Iss. 2. P. 775–786.
- 743. Рыльский И.А., Тикунов В.С. Перспективы использования комплексов воздушного лазерного сканирования для картографирования лесов. Известия Иркутского гос. университета. Серия Науки о Земле, 2016. Т. 15. С. 104–113.
- 744. *Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С.* Голографические возможности визуализации в географии. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2016. № 2. С. 22–29.
- 745. *Ефремов Г.А.*, *Филатова Е.С.*, *Ротанова И.Н.*, *Тишкин А.А.*, *Тикунов В.С.* Отражение исторического наследия в атласе «Большой Алтай: природа, история, культура». Алтай-Туркі Элемініц Алтын Бесігі, Өскеман, 2016. С. 51–56.
- 746. Голубчиков Ю.Н., Клименко С.В., Кружалин В.И., Тикунов В.С. Туризм в индивидуализации и географизации познания. Международная научная конференция «Ситуационные центры и ИАС4і для мониторинга и безопасности» SCVRT1516. Протвино: ИФТИ (Институт Физико-Технической Информатики), 2016. С. 219–227.
- 747. Яблоков В.М., Тикунов В.С. Атласные информационные системы для устойчивого развития территорий. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. Веллингтон (Новая Зеландия) Мельбурн (Австралия) Протвино (Московская обл.). М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. Т. 22. Ч. 1. С. 13—33.
- 748. *Tikunov V.S.*, *Chereshnya O.Yu*. Increasing reliability of indexing sustainable development using multivariance: calculation and mapping. InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change: Proceedings of the International conference. Wellington (New Zealand) Melbourne (Australia) Protvino (Russia). Moscow: Scientific Library Publishing House, 2016. V. 22. Part 1. P. 207–212.
- 749. Тикунов В.С., Губанов М.Н., Горлов В.Н. Электронные карты добывающих отраслей промышленности России для высших учебных заведений. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. Веллингтон (Новая Зеландия) Мельбурн (Австралия) Протвино (Московская обл.). М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. Т. 22. Ч. 2. С. 331–338.
- 750. *Панин А.Н., Тикунов В.С.* Центрографический метод для анализа расселения коренных малочисленных народов (на примере народов Севера, Сибири и Дальнего Востока). Вестник Московского университета. Серия геогр., 2016. № 6. С. 104–106.
- 751. *Eremchenko E., Tikunov V., Gorin S., Idrizi B., Radevski V.* Information tourism system with mixed semiotic structure. Geobalcancia 2016. Skopje, Republic of Macedonia: Geobalcancia Society, 2016. P. 139–145.
- 752. Liu C., Guo H.D., Uhlir P.F., Ge Q.S., Zhou X., Shi R.X., Gong K., Imbuga M., Gu X.F., Odido M., Liao X.H., Chen J., Doko T., Chen W.B., Hudson S., Minster J.B., Madela-Mntla E., Hasan N., Jiang D., Zhu Y.Q., Wang C.L., Wittenburg P., Chu W.B., Xu X.L., He S.J., Lv T.T., Singh R.B., Tikunov V., Wang Q. GCdataPR: infrastructure of data publishing & sharing

- in/for/with developing countries. Journal of Global Change Data & Discovery, 2017. V. 1. No 1. P. 3–11.
- 753. *Бобылёв С.Н., Тикунов В,С., Черешня О.Ю.* Оценки социального развития регионов Российской Федерации. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2017. № 1. С. 3–12.
- 754. *Tikunov V.S.*, *Belozerov V.S.*, *Antipov S.O.*, *Weihong Cui*, *Purevjav Dorjjugder*. Geoinformation technologies in the promotion of tourist destinations in the zone of the Great Silk Road. Geography, Environment, Sustainability, 2017. V. 10. No 1. P. 44–52.
- 755. *Golubchikov Yu.N.*, *Eremchenko E.N.*, *Markova O.I.*, *Tikunov V.S.*, *Tikunova I.N.*, *Ill'ina I.N.* Sustainable development of polar and high-mountain regions of the world the change of the polar paradigm. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2017. V. 24. No 4. P. 328–337.
- 756. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Интегральная оценка и картографирование экологической ситуации в регионах Российской Федерации. Геодезия и картография, 2017. № 6. С. 6–16.
- 757. *Грибок М.В., Тикунов В.С.* Оценка информационной составляющей устойчивого развития территорий (на примере анализа эффективности информации о загрязнении окружающей среды). Проблемы региональной экологии, 2017. № 1. С. 47–52.
- 758. *Gusein-Zade S.M.*, *Tikunov V.S.* Anamorphoses as a method of visualization. Choosing a Map Projection, 2017. Springer. P. 161–176.
- 759. Eremchenko E., Gorin S., Tikunov V., Radevski V. Digital Earth as next step in cartography. Geobalcancia 2017. Skopje, Republic of Macedonia: Geobalcancia Society, 2017. V. 3. P. 119–124.
- 760. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Индекс загрязнения и индекс напряжённости экологической ситуации в регионах Россиийскоий Федерации. Теоретическая и прикладная экология. Киров: Издательство «О-Краткое», 2017. № 3. С. 34–38.
- 761. *Tikunov V.S.*, *Tikunova I.N.*, *Eremchenko E.N.* Digital Earth as a 'Miracle Cure' for sustainable development in the era of globalization. Unfolding the Map. Proceedings of the 8<sup>th</sup> National Cartographic Conference GeoCart 2016, 4<sup>th</sup> ICA Regional Symposium on Cartography for Australasia and Oceania. 31 August 2 September 2016, Wellington, New Zealand. Occasional Publication. Wellington: Ligare Ltd Auckland, 2017. No 3. P. 55–58.
- 762. *Tikunov V.S.*, *Chereshnya O.Yu*. Increasing reliability of indexing sustainable development using multivariance: calculation and mapping. Unfolding the Map. Proceedings of the 8<sup>th</sup> National Cartographic Conference GeoCart 2016, 4<sup>th</sup> ICA Regional Symposium on Cartography for Australasia and Oceania. 31 August 2 September 2016, Wellington, New Zealand. Occasional Publication. Wellington: Ligare Ltd Auckland, 2017. No 3. P. 59–64.
- 763. *Тикунов В.С., Черешня О.Ю.* Комплексная многоуровневая оценка устойчивости развития регионов и её визуализация. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2017. Т. 23. Ч. 1. С. 10–19.
- 764. Добролюбов С.А., Касимов Н.С., Тикунов В.С., Тульская Н.И. Научно-методическое сопровождение создания Национального атласа Арктики. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2017. Т. 23. Ч. 1. С. 22–27.
- 765. Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Tikunov V.S., Tikunova I.N. Wetlands ecological-economic mapping at community-tribal lands in the Russian Arctic coast. InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2017. V. 23. Part 3. P. 5–13.
- 766. *Tikunov V.S.*, *Yanvareva L.F.* The history and current state of thematic mapping in Russia. European Geographical Studies, 2017. No 4 (1). P. 43–58.

- 767. Грибок М.В., Губанов М.Н., Игонин А.И., Киселёва Н.М., Кожухарь А.Ю., Котова Т.В., Маркова О.И., Масленникова В.В., Нокелайнен Т.С., Рубанов И.Н., Рыльский И.А., Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Роль комплексного картографирования в экологическом образовании для обеспечения ноосферного развития регионов. Материалы I Международного экологического форума в Крыму «Крым эколого-экономический регион. Пространство ноосферного развития» 2017 года. Ред. В.А. Иванов, Е.И. Игнатов, И.С. Кусов, Н.Н. Миленко, Е.В. Ясенева, Е.А Котельянец. Севастополь: Филиал МГУ имени М.В. Ломоносова в г. Севастополе, 2017. С. 433 436.
- 768. *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю.*, *Грибок М.В.*, *Яблоков В.М*. Методика оценки регионов России по уровню загрязнения воздуха. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2017. № 5. С. 43—48.
- 769. Кулмала М., Лаппалайнен Х.К., Петайя Т., Керминен В.М., Виисанен Ю., Бондур В.Г., Касимов Н.С., Котляков В.М., Матвиенко Г.Г., Бакланов А.А., Зилитинкевич С.С., Чубарова Н.Е., Константинов П.И., Тикунов В.С. Пан-Евразийский эксперимент (РЕЕХ) в России: перспективы научного сотрудничества. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2017. № 5. С. 102–104.
- 770. *Kotova T.V., Malkhazova S.M., Tikunov V.S., Bandrova T.* Visualization of public health. Geography, Environment, Sustainability, 2017. V. 10. No 4. P. 27–42.
- 771. Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Tikunov V.S., Tikunova I.N. New look at territories of traditional nature use traditional nature management lands at the coastal zone of the Ice Silk Road: a case study for the Russian Arctic. International Journal of Digital Earth, 2018. P. 1–14.
- 772. Ротанова И.Н., Тикунов В.С. Векторы развития Алтайской дестинации международного приграничного туризма в контексте транспортных коридоров Экономического пояса Шёлкового пути. Материалы XIII Международной научной конференции «Природные условия, история и культура Западной Монголии и сопредельных регионов». Барнаул, 20–22 сентября 2017 года. Барнаул: Издательство Алтайского гос. университета, 2018. С. 393–397.
- 773. *Kasimov N.S.*, *Kotlyakov V.M.*, *Krasnikov D.N.*, *Krayukhin A.N.*, *Tikunov V.S.* National Atlas of the Arctic. Geography, Environment, Sustainability, 2018. V. 11. No 1. P. 51–57.
- 774. Bobylev S.N., Chereshnya O.Y., Kulmala M., Lappalainen H.K., Petäjä T., Solov'eva S.V., Tikunov V.S., Tynkkynen V.-P. Indicators for digitalization of sustainable development goals in PEEX Program. Geography, Environment, Sustainability, 2018. V. 11. No 1. P. 145–156.
- 775. *Тикунов В. С., Рыльский И. А., Лукацкий С. Б.* Оценка целесообразности совместного использования данных воздушного лазерного сканирования, аэрофотосъёмки в видимом диапазоне и тепловизионной съёмки для дешифрирования экзогенных процессов и растительности. Геодезия и картография, 2018. Т. 79. № 3. С. 48–60.
- 776. Evseev A.V., Krasovskaya T.M., TikunovV.S., Tikunova I.N. Revealing of land use conflicts at indigenous population territories in the Russian Arctic using atlas information systems methodology. Geoinformatics & Geostatistics: An Overview, 2018. V. 6. No 1. P. 1–6.
- 777. Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С. Экология России в новом комплексном атласе. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 1. С. 5–18.
- 778. Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Региональная оценка экономического развития. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2018. Т. 24. Ч. 1. С. 44–53.
- 779. *Pestina P.V., Tikunov V.S., Malkhazova S.M.* Typological classification of nosoprofile structure and dynamics of morbidity. Practical geography and XXI Century Chalenges. International Scientific and Practical Conference. 4–6 June 2018, Moscow. V. 2. P. 275–276.

- 780. *Тикунов В.С., Белозёров В.С., Антипов С.О., Супрунчук И.П.* Социальные медиа как инструмент анализа посещаемости туристических объектов (на примере Ставропольского края). Вестник Московского университета. Серия геогр., 2018. № 3. С. 89–95.
- 781. *Tikunov V.*, *Chereshnya O.* Integrated multi-level assessment of regional development sustainability and mapping. Cartography and Geoinformation, 2018. V. 17. No 29. P. 20–30.

- *Tikunov V., Čherešnja O.* Integrirana višerazinska procjena održivosti regionalnog razvoja i njegovog kartiranja. Kartografija i Geoinformacije. Hrvatsko Kartografsko Društvo (Croatia), 2018. V. 17. Br. 29. S. 21–29 .(на хорватском языке).
- 782. Батуев А.Р., Бешенцев А.Н., Бычков И.В., Касимов Н.С., Корытный Л.М., Плюснин В.М., Снытко В.А., Тикунов В.С. Новый экологический атлас трансграничного региона. Экономический коридор «Китай Монголия Россия»: географические и экологические факторы и возможности территориального развития. Иркутск, 2018. С. 255.

- Batuev A.R., Beshentsev A.N., Bychkov I.V., Kasimov N.S., Korytny L.M., Plyusnin V.M., Snytko V.A., Tikunov V.S. New ecological atlas of the transboundary region. "China Mongolia Russia" economic corridor: geographical and environmental factors of territorial development opportunitiesю Irkutsk, 2018. P. 256.
- 783. *Евсеев А.В., Красовская Т.М., Тикунов В.С., Тикунова И.Н.* Оценка экологических услуг территорий традиционного природопользования Ненецкого автономного округа. География и природные ресурсы, 2018. № 3. С. 134–139.
- 784. *Tikunov V.S.*, *Belozerov V.S.*, *Panin A.N.*, *Antipov S.O.* Geoinformation monitoring of key queries of search engines, and geotagging photos in the North-Caucasian segment of the tourist route 'Great Silk Road'. Annals of GIS, 2018. V. 24. Iss. 4. P. 255–260.
- 785. *Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С., Захарова А.А.* Цифровая Земля и «цифровые» инициативы современности. Труды 28-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению. Томск, 2018. С. 280–282.
- 786. *Бобылёв С.Н.*, *Тикунов В.С.*, *Черешня О.Ю*. Уровень развития цифровой экономики в регионах России. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2018. № 5. С. 27–35.
- 787. *Ротанова И.Н., Тикунов В.С.* Подходы к формированию Алтайского кластера международного туризма в контексте трансграничных транспортных коридоров экономического пояса Шёлкового пути. Наука. Инновации. Технологии, 2018. № 2. С. 110—124.
- 788. *Rotanova I.N.*, *Tikunov V.S.*, *Efremov G.A.* The application of GIS for analysis of preconditions for the development of transport corridors of the Russian Altai in the context of the Great Altai. Proceedings of the Second International Conference of SilkGIS (SilkGIS 2018). 23–27.05.2018, Chengdu, Sichuan, China. Part 1. P. 93–98.
- 789. *Голубчиков Ю.Н., Краюхин А.Н., Кружалин В.И., Тикунов В.С.* Национальный туристический атлас как инструмент имиджевого возвышения России. Современные проблемы сервиса и туризма, 2018. Т. 12. № 4. С. 69–75.
- 790. Игонин А.И., Тикунов В.С. Российско-украинская граница происхождение и устойчивость. Население и экономика, 2018. Т. 2. № 4. С. 136–160.
- 791. Baburin V.L., Tikunov V.S., Badina S.V., Chereshnia O.Yu. The assessment of socioeconomic potential density of arctic territories in Russia. Regional Science Inquiry, 2018. V. 10. No 2. P. 37–44.
- 792. *Sluka N.A.*, *Tikunov V.S.*, *Chereshnia O.Yu*. The geographical size index for ranking and typology of cities. Social Indicators Research, 2019. P. 1–14.
- 793. Душкова Д.О., Тикунов В.С., Черешня О.Ю. Методика оценки общественного здоровья на уровне муниципальных образований на примере Архангельской области. География и природные ресурсы, 2019. № 1. С. 127–136.

Dushkova D.O., Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. Methodology for assessment of publich health at the municipal level (a case study of Arkhangelsk Oblast). Geography and Natural Resources, 2019. V. 40. No 1. P. 74–81.

794. *Щитова Н.А., Белозёров В.С., Тикунов В.С.* Социально-экономический компонент оценки качества жизни сельского населения Ставропольского края. Вестник Московского университета. Серия геогр., 2019. № 2. С. 69–77.

795. Evseev A., Krasovskaya T., Tikunov V., Tikunova I. Planning sustainable economic development in the Russian Arctic. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2019. V. 8. № 8. P. 357–365.

796. Evseev A.V., Krasovskaya T.M., Tikunov V.S., Tikunova I.N. Regulation of ecosystem services exploitation for potential competing stakenholders in Indiga advanced development region. InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2019, V. 25. Part 1. P. 18 – 22.

797. Батуев А.Р., Батуев Д.А., Бешенцев А.Н., Богданов В.Н., Дашпилов Ц.Б., Корытный Л.М., Тикунов В.С., Фёдоров Р.К. Атласная информационная система для обеспечения социально-экономического развития Байкальского региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2019, Т. 25. Ч. 1. С. 66–80. 798. Грибок М.В., Тикунов В.С. Wikipedia как источник данных для исследований массовых представлений о географических объектах (на примере городов Арктической зоны России). Известия РГО, 2019. Т. 151. Вып. 4. С. 49–60.



## СЕРИЯ КОНФЕРЕНЦИЙ ИНТЕРКАРТО. ИНТЕРГИС

Конференция по географическим информационным системам для устойчивого развития территорий ИнтерКарто. ИнтерГИС является единственной ежегодной международной конференцией, проводимой в России в данной области уже 25 лет. Тематика конференции направлена на решение одной из актуальных проблем современной науки — создание и использование географических информационных систем в качестве эффективного средства для достижения устойчивого развития территорий. Серия конференций проводится под эгидой Международной картографической ассоциации (МКА), объединяющей 83 страны мира.

Начиная с 2002 года конференции проводятся частично в России, частично за рубежом. Список мест проведения конференций:

ИнтерКарто 1 – Москва, 23–25 мая 1994 г.

ИнтерКарто 2 – Иркутск, 26–29 июня 1996 г.

ИнтерКарто 3 – Новосибирск, 27–31 января 1997 г.

ИнтерКарто 4 – Барнаул, 1–4 июля 1998 г.

ИнтерКарто 5 – Якутск, 17–19 июня 1999 г.

ИнтерКарто 6 – Апатиты, Мурманской обл., 22–24 августа 2000 г.

ИнтерКарто 7 – Петропавловск-Камчатский, 30 июля – 1 августа 2001 г.

ИнтерКарто 8 – Хельсинки (Финляндия), Санкт-Петербург, 28 мая – 1 июня 2002 г.

ИнтерКарто 9 – Новороссийск, Севастополь (Украина), 25–29 июня 2003 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 10 – Владивосток, Чанчунь (Китай), 12–19 июля 2004 г.

Интер<br/>Карто. Интер ГИС 11 — Ставрополь, Домбай, Будапешт (Венгрия), 25 сентября — 3 октября 2005 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 12 – Калининград, Берлин (Германия), 25–31 августа 2006 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 13 – Ханты-Мансийск, Йеллоунайф (Канада), 12–24 августа 2007 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 14 – Саратов, Урумчи (Китай), 24 июня – 1 июля 2008 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 15 – Пермь, Гент (Бельгия), 29 июня – 5 июля 2009 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 16 – Ростов-на-Дону, Зальцбург (Австрия), 3 – 8 июля 2010 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 17 – Белокуриха, Алтайский край, Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г.

Интер<br/>Карто. Интер ГИС 18 — Смоленск, Сен-Дье-де-Вож (Франция), 26 июня — 4 июля 2012 г

ИнтерКарто. ИнтерГИС 19 – Курск, Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 20 — Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля — 6 августа 2014 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 21 – Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 22 — Веллингтон (Новая Зеландия), Мельбурн (Австралия), Протвино (Московская обл.), 31августа — 14 сентября 2016 г.

Интер<br/>Карто. Интер ГИС 23 — Южно-Сахалинск, Сеул (Республика Корея), Вашингтон (США), 26 июня — 7 июля 2017 г.

ИнтерКарто. ИнтерГИС 24 – Петрозаводск, Бонн (Германия), Анкоридж (США), 19 июля – 1 августа 2018 г.

Интер<br/>Карто. Интер ГИС 25 — Мурманск, Токио (Япония), 30 января — 2 февраля и 20 июля 2019 г. В конференциях за период 1994—2019 годов приняли участие 2821 человек, в их числе многие известные учёные и специалисты из Европы, Азии, Африки, Америки, Австралии и Океании. Список стран, специалисты из которых участвовали в конференциях, насчитывает 84 страны: Австралия, Австрия, Алжир, Белоруссия, Бельгия, Болгария, Бразилия, Вануату, Великобритания, Венгрия, Вьетнам, Гана, Германия, Грузия, Дания, Египет, Заир, Израиль, Индия, Индонезия, Иран, Ирландия, Исландия, Испания, Казахстан, Канада, Киргизия, Кирибати, Китай, Колумбия, Конго, Острова Кука, Латвия, Ливан, Литва, Мадагаскар, Малайзия, Марокко, Маршалловы Острова, Мексика, Молдавия, Монголия, Непал, Нигерия, Нидерланды, Ниуэ, Новая Зеландия, Норвегия, ОАЭ, Палау, Папуа — Новая Гвинея, Перу, Польша, Португалия, Румыния, Россия, Руанда, Самоа, Сербия, Словакия, Соломоновы Острова, США, Танзания, Того, Тонга, Тувалу, Федеративные Штаты Микронезии, Фиджи, Финляндия, Франция, Хорватия, Черногория, Чехия, Чили, Швеция, Швейцария, Уганда, Узбекистан, Украина, Эквадор, Эстония, ЮАР, Южная Корея, Япония.

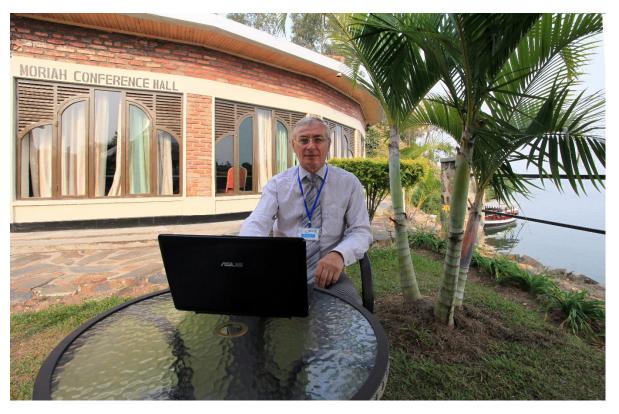
Учитывая опыт проведения конференций в таких странах, как Россия, Колумбия, Китай и другие, где большой процент участников предпочитал делать свои выступления на родных языках, начиная с 2015 года сборники конференций ИнтерКарто. ИнтерГИС издаются и рецензируются на шести официальных языках ООН (английский, арабский, испанский, китайский, русский, французский) по желанию докладчиков, что, на наш взгляд, усиливает привлекательность конференции.



ИнтерКарто. ИнтерГИС 14 в Урумчи (Китай) InterCarto. InterGIS 14 in Urumqi (China)



ИнтерКарто. ИнтерГИС 17 в Денпасаре (Индонезия) InterCarto. InterGIS 17 in Denpasar (Indonesia)



ИнтерКарто. ИнтерГИС 20 в Руанде InterCarto. InterGIS 20 in Rwanda



ИнтерКарто. ИнтерГИС 21 на Фиджи InterCarto. InterGIS 21 in Fiji



ИнтерКарто. ИнтерГИС 25 в Мурманске InterCarto. InterGIS 25 in Murmansk

#### THE SERIES OF THE CONFERENCE INTERCARTO. INTERGIS

The Conference on Geographical Information Systems for Sustainable Development of Territories – InterCarto. InterGIS has been the only annual international conference held in Russia in this field for 25 years. The theme of the conference is aimed at solving one of the urgent problems of modern science – the creation and use of geographic information systems as an effective implementing the sustainable development of territories. The conference series is held under the auspices of the International Cartographic Association (ICA), which unites 83 countries of the world.

Since 2002, conferences have been held partly in Russia, partly abroad. Conferences took place in following cities:

InterCarto 1 – Moscow, 23–25 May 1994

InterCarto 2 – Irkutsk, 26–29 June 1996

InterCarto 3 – Novosibirsk, 27–31 January 1997

InterCarto 4 – Barnaul, 1–4 July 1998

InterCarto 5 – Yakutsk, 17–19 June 1999

InterCarto 6 – Apatity, Murmansk region, 22–24 August 2000

InterCarto 7 – Petropavlovsk-Kamchatsky, 30 July – 1 August 2001

InterCarto 8 – Helsinki (Finland), St.-Petersburg, 28 May – 1 June 2002

InterCarto 9 – Novorossijsk, Sevastopol (Ukraine), 25–29 June 2003

InterCarto. InterGIS 10 – Vladivostok, Changchun (China), 12–19 July 2004

InterCarto. InterGIS 11 – Stavropol-Dombai, Budapest (Hungary), 25 September – 3 October 2005

InterCarto. InterGIS 12 – Kaliningrad, Berlin (Germany), 25–31 August 2006

InterCarto. InterGIS 13 – Khanty-Mansiysk, Yellowknife (Canada), 12–24 August 2007

InterCarto. InterGIS 14 – Saratov, Urumqi (China), 24 June – 1 July 2008

InterCarto. InterGIS 15 – Perm, Ghent (Belgium), 29 June – 5 July 2009

InterCarto. InterGIS 16 – Rostov-on-Don, Salzburg (Austria), 3–8 July 2010

InterCarto. InterGIS 17 – Belokurikha, Altaysky Kray, Denpasar (Indonesia), 14–19 December 2011

InterCarto. InterGIS 18 – Smolensk, St. Die des Vosges (France), 26 June – 4 July 2012

InterCarto. InterGIS 19 – Kursk, Bogota (Colombia), 2 – 8 February 2013

InterCarto. InterGIS 20 – Belgorod, Kharkov (Ukraine), Kigali (Rwanda) and Nairobi (Kenya), 23 July – 6 August 2014

InterCarto. InterGIS 21 – Krasnodar, Sochi, Suva (Fiji), 12-19 November 2015

InterCarto. InterGIS 22 – Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino, Moscow region, 31 August – 14 September 2016

InterCarto. InterGIS 23 – Yuzhno-Sakhalinsk, Seoul (Republic of Korea), Washington DC (USA), 26 June – 7 July 2017

InterCarto. InterGIS 24 – Petrozavodsk, Bonn (Germany), Anchorage (USA), 19 July – 1 August 2018

InterCarto. InterGIS 25 – Murmansk, Tokyo (Japan), 30 January – 2 February and 20 July 2019

In the conferences for the period 1994–2019, 2 821 people took part, including many famous scientists and specialists from Europe, Asia, Africa, America, Australia and Oceania. They represented 84 countries (Algeria, Australia, Austria, Belarus, Belgium, Brazil, Bulgaria, Canada, Chile, China, Colombia, Congo, Cook Islands, Croatia, Czech Republic, Denmark, Egypt, Ecuador, Estonia, Federated States of Micronesia, Fiji, Finland, France, Ghana, Georgia, Germany, Great Britain, Hungary, Iceland, India, Indonesia, Iran, Ireland, Israel, Japan,

Kazakhstan, Kiribati, Kyrgyzstan, Latvia, Lebanon, Lithuania, Madagascar, Malaysia, Marshall Islands, Mexico, Moldova, Mongolia, Montenegro, Morocco, Nepal, the Netherlands, New Zealand, Nigeria, Niue, Norway, Palau, Papua New Guinea, Peru, Poland, Portugal, Romania, Russia, Rwanda, Samoa, Serbia, Slovakia, Solomon Islands, South Africa, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland, Tanzania, Togo, Tonga, Tuvalu, Uganda, Ukraine, UAE, the USA, Uzbekistan, Vanuatu, Vietnam, and Zaire).

Considering the experience of the conferences in Russia, Colombia, China, etc., where a large percentage of the participants preferred to make their presentations in their native languages, beginning in 2015, the InterCarto. InterGIS conference proceedings published and reviewed in the six official languages of the United Nations (English, Arabic, Spanish, Chinese, Russian, French) at the request of the speakers; we believe this will increase the attractiveness of the conference.

### СОДЕРЖАНИЕ

## КАРТЫ И ГИС В ИССЛЕДОВАНИЯХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

<i>Лагута А.А., Погорелов А.В.</i> Изменение морфометрических характеристик Краснодарского водохранилища за период эксплуатации (1973–2018 годы)	5
Doumit J.A., Sakr S.C.  Toward a snow melt prediction map of Mount Lebanon	16
Zhou $Q$ . Changes and variations of the terrestrial water storage anomaly over the core area of the Silk Road	28
Sakr S.C.  La pollution par l'ozone à Beyrouth: variabilité des concentrations entre la zone urbaine et la zone périphérique	34
Wang K., Yue Yu., Brandt M., Tong X. Karst ecosystem observation and assessment at local and regional scales	43
Баранов И.П. Потерянная Гиперборея. Картографический анализ литодинамики Арктики и прилегающей территории	48
Викулина М.А. Оценка лавинного риска в Хибинах	66
Гаврилов А.В., Пижанкова Е.И. Криолитоморфогенез на мелководьях арктических морей в связи с современным потеплением	77
Гостева А.А., Матузко А.К., Якубайлик О.Э. Выявление изменений городской среды на основе спутниковых данных инфракрасного диапазона (на примере Красноярска)	90

Грищенко М.Ю., Калитка Л.С. Изучение сезонной изменчивости теплового поля Краснодара по космическим снимкам со спутника Landsat 8	101
Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Оценка средней температуры поверхностного слоя Азовского моря на основе	
данных спутниковой съёмки и наблюдений прибрежных гидрометеостанций	112
Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., Шайкунова Р.Б. Об опыте применения ГИС-технологий для изучения изменений среднегодовой температуры воздуха на территории Европейской части России	121
Калинка О.П., Карнатов А.Н. ГИС-технологии при разработке карт уязвимости морских акваторий и чувствительности берегов к нефтяному загрязнению	133
Китов А.Д., Плюснин В.М., Биличенко И.Н. Изменение ледников в Гималаях и Южной Сибири по данным Landsat	146
Кравцова В.И., Инюшин А.Н. Природное районирование дельты Лены для исследования динамики её морского края	161
Нокелайнен Т.С. Картографирование условий навигации арктических рек России	175
Паниди Е.А., Цепелев В.Ю., Капралов Е.Г., Штыкова Н.Б. К вопросу об определении дат смены вегетационных сезонов по данным вегетационных индексов	186
Степанова В.И. Модель мониторинга экологического состояния почвенного покрова Московской области с помощью потоковых карт пластики	194
Суворов Е.Г., Новицкая Н.И., Китов А.Д. Временная и пространственная локализация лесных пожаров водосборного бассейна озера Байкал	204

Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Чаадаева Н.Н., Санкова Е.А., Иванёха Т.Л., Петелько А.И.  Оценка величины потерь почвы в тальвегах ручьёв, сформированных ливневыми осадками в развальных бороздах на распахиваемых склонах:	
применение спутниковых снимков, ГИС и радиоцезиевого метода	217
Чалая К.А., Погорелов А.В., Перов Е.А. Опасные гидрологические явления на территории Краснодарского края (краткий обзор)	232
Абдуллин Р.К., Шихов А.Н., Тарасов А.В. Структура и информационное наполнение электронного атласа изменений климата Урала	247
Литинский П.Ю. Методика создания ГИС водосборов в экспертной системе «Озёра Карелии»	260
КАРТЫ И ГИС ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ, ТУРИЗМА И СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО И КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ	
Маркова О.И. Об уникальном культурном ландшафте и особо охраняемой природной территории «Урочище Введенское-Борисовка» в Новой Москве	271
Doumit J.A. Structure from motion technology for historic building information modeling of Toron fortress (Lebanon)	288
Аксёнова М.Ю., Мифтякова Э.Ф. Педагогические возможности информационно-коммуникационных технологий на уроках географии	297
Бочарников В.Н., Кириченко В.Е., Герасимов Ю.Н. Актуальные задачи сохранения крупных целостных лесных геосистем Камчатского края в контексте практического использования геоконцепта дикой природы	309
Грибок М.В., Горбунова Т.Ю. Разработка концепции ГИС для исследований эстетической ценности природных ландшафтов	321

Ельчанинов А.И. По Великому Шёлковому пути – Ледовому Шёлковому пути – дороге мира и экономического сотрудничества	330
Максутова Н.К., Анисимов Н.В. Создание базы данных ценных природных территорий для муниципальных и региональных ГИС на примере Вологодской области	345
Малинов А.А., Давутов Е.В. Реконструкция колокольных звонов в архитектурно-градостроительной структуре на карте Москвы	358
Новиков М.А., Харламова М.Н. Появление Ямала на карте России. Исаак Масса и поиски Северного морского хода в Китай	370
Рыгалова М.В., Рыгалов Е.В. Геоинформационные технологии в изучении историко-культурного наследия музеев Алтайского края	383
Белая Н.И., Владимирова М.Р., Воскресенский И.С., Сучилин А.А., Ушакова Л.А. Опыт применения ГИС для оценки эколого-геоморфологических условий особо охраняемых природных территорий Прионежья (в пределах Вологодской области)	390
Черепанова Е.С., Алёшин М.А., Худорожков М.Д. Пермский классический университет и Пермский аграрно-технологический университет: опыт проведения совместных полевых учебных практик для студентов естественнонаучных факультетов	406
Малинов А.А., Давутов Е.В., Маркова О.И. Историко-социологическое и архитектурно-историческое исследование усадеб Замоскворечья в районе церкви Воскресения Христова в Кадашах	413
Медведков А.А., Никанорова А.Д., Шабалина Н.В. Функциональное зонирование города Кировска (Мурманская область) в условиях туристско-рекреационного освоения его территории	429
К 70-летнему юбилею Владимира Сергеевича Тикунова, основателя серии конференций ИнтерКарто. ИнтерГИС	437
Серия конференций ИнтерКарто. ИнтерГИС	502

#### CONTENTS<sup>1</sup>

#### MAPS AND GIS IN RESEARCH OF CLIMATE AND ENVIRONMENT CHANGES

Laguta A.A., Pogorelov A.V. Change of morphometric characteristics of the Krasnodar Water Reservoir for the period of its operation (1973–2018)	5 (6)
Doumit J.A., Sakr S.C. Toward a snow melt prediction map of Mount Lebanon	16 (16)
Zhou $Q$ . Changes and variations of the terrestrial water storage anomaly over the core area of the Silk Road	28 (28)
Sakr S.C. Ozone pollution in Beirut: variability of concentrations between the urban zone and the peripheral zone	34 (34)
Wang K., Yue Yu., Brandt M., Tong X. Karst ecosystem observation and assessment at local and regional scales	43 (43)
Baranov I.P. Lost Hyperborea. Cartographic analysis of lithodynamic of the Arctic and surrounding areas	48 (48)
Vikulina M.A. Estimation of avalanche risk in Khibiny	66 (66)
Gavrilov A.V., Pizhankova E.I. Cryolithomorphogenesis in the shallows of the Arctic seas in connection with modern warming	77 (78)
Gosteva A.A., Matuzko A.K., Yakubailik O.E. Identification of changes in urban environment on the basis of the satellite data of the infrared range (on the example of Krasnoyarsk)	90 (91)

-

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> The page number in brackets corresponds to the English text

M.Yu. Grishchenko, L.S. Kalitka Studying the seasonal variability of thermal field of Krasnodar using Landsat 8 satellite imagery	101 (101)
Dashkevich L.V., Kulygin V.V.  The average temperature assessment of the surface layer of the Sea of Azov based on satellite imagery and observations at coastal hydrometeorological stations	112 (113)
Ivlieva N.G., Manukhov V.F., Shaykunova R.B. About the experience of GIS technologies application for the study of changes of the mean annual air temperature on the territory of the European part of Russia	121 (122)
Kalinka O.P., Karnatov A.N. GIS technologies in developing the maps of vulnerabilities of sea aquatories and sensitivity of the coasts to oil pollution	133 (134)
Kitov A.D., Pluysnin V.M., Bilichenko I.N. Change of glaciers in the Himalayas and Southern Siberia according to Landsat	146 (147)
Kravtsova V.I., Inyushin A.N. Natural zoning of the delta of Lena River for the research of the dynamics of its sea edge	161 (162)
Nokelaynen T.S.  Mapping the navigation conditions of Arctic rivers of Russia	175 (175)
Panidi E.A., Tsepelev V.Y., Kapralov E.G., Shtykova N.B. Toward the issue of determining the dates of the growing season change using vegetation index data	186 (187)
Stepanova V.I.  Model of monitoring of ecological state of soil cover of Moscow Region with the help of stream maps of the plastic	194 (194)
Suvorov E.G., Novitskaya N.I., Kitov A.D. Temporary and spatial localization of the forest fires in the Lake Baikal catchment area	204 (205)

Trofietz L.N., Panidi E.A., Chaadaeva N.N., Sankova E.A., Ivaneha T.L., Petelko A.I. Estimation of the quantity of soil loss in the thalwegs of the streams formed by heavy rainfalls in the breakup furrows at arable slopes: application of satellite imagery, GIS and radiocaesium method	217 (218)
Chalaya K.A., Pogorelov A.V., Perov E.A.  The hazardous hydrological phenomena in the territory of Krasnodar Region (the short review)	232 (233)
Abdullin R.K., Shikhov A.N., Tarasov A.V. Structure and information filling of the digital atlas of climate change of the Ural Region	247 (247)
Litinsky P.Yu.  The methods of creating of the GIS of catchments in the expert system "Lakes of Karelia"	260 (260)
MAPS AND GIS FOR EDUCATION, TOURISM AND CONSERVATION OF NATURAL AND CULTURAL HERITAGE	
Markova O.I.  About a unique cultural landscape and especially protected nature territory "The Tract Vvedenskoe-Borisovka" in New Moscow	271 (272)
Doumit J.A. Structure from motion technology for historic building information modeling of Toron fortress (Lebanon)	288 (288)
Aksenova M.Yu., Miftyakova E.F. Pedagogical opportunities of information and communication technologies at lessons of geography	297 (298)
Bocharnikov V.N., Kirichenko V.Ye., Gerasimov Yu.N. Current tasks of conservation of major integral mountain forest geosystems of the Kamchatka in the context of practical use of geoconcept of wilderness	309 (310)
Gribok M.V., Gorbunova T.Yu.  Development of the concept of GIS for research of the aesthetic value of natural landscapes	321 (321)

Elchaninov A.I. On the Great Silk Road – the Ice Silk Road – the road of peace and economic cooperation	330 (331)
and conforme cooperation	(331)
Maksutova N.K., Anisimov N.V. Creation of a database of valuable natural territories for municipal and regional GIS on example of Vologda Region	345 (346)
Malinov A.A., Davutov E.V. Reconstruction of bell rings in architectural and urban development planning on the map of Moscow	358 (359)
Novikov M.A., Kharlamova M.N. The appearance of Yamal on the map of Russia. Isaac Massa and the searches for north searoute to China	370 (370)
Rygalova M.V., Rygalov E.V. Geoinformation technologies in the study of historical and cultural heritage of the museums of the Altai Territory	383 (384)
Belaya N.I., Vladimirova M.R., Voskresensky I.S., Suchilin A.A., Ushakova L.A. The experience of GIS application for estimation of ecological-geomorphological conditions of specially protected natural areas of Onega Lake region (within the Vologda Region)	390 (391)
Cherepanova E.S., Alyoshin M.A., Khudorozhkov M.D. Perm State University and Perm Agro-Technological University: experience of joint field training practices for students of natural scientific faculties	406 (407)
Malinov A.A., Davutov E.V., Markova O.I. Historical-sociological and architectural-historical research of the homesteads of Zamoskvorechye near the Church of Resurrection of Christ in Kadashi	413 (414)
Medvedkov A.A., Nikanorova A.D., Shabalina N.V. Functional zoning of Kirovsk town (the Murmansk region) in conditions of tourist and recreational development of its territory	429 (430)
To the 70th anniversary of Vladimir Sergeevich Tikunov,	437
founder of the InterCarto. InterGIS Conference series	(445)
The series of the Conference InterCarto. InterGIS	502 (506)

## ИнтерКарто. ИнтерГИС

# ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Международной конференции

Мурманск (Россия) 30 января — 2 февраля, Токио (Япония) 20 июля 2019 г.

**TOM 25** 

ЧАСТЬ 2

Руководитель проекта *О.В. Гаврилов* Оформление обложки *К.В. Саутенков* Корректор *О.И. Маркова* Компьютерная вёрстка *О.И. Маркова* 

Подписано в печать 23.07.2019. Формат 60х90/8. Усл. печ. л. 54,125. Уч.-изд. л. 38,0. Изд. № 11368

Издательство Московского университета 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 15 (ул. Академика Хохлова, 11). Тел.: (495) 939-32-91; e-mail: secretary@msupress.com Отдел реализации. Тел.: (495) 939-33-23; e-mail: zakaz@msupress.com Сайт Издательства Московского университета: http://msupress.com