ИнтерКарто/ИнтерГИС 23

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Материалы Международной конференции
Южно-Сахалинск (Россия),
Сеул (Республика Корея),
Вашингтон (США)
26 июня – 7 июля 2017 г.

Том 3

http://intercarto.msu.ru

Москва
Издательство
Московского университета
2017

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

Организаторы:
Международная картографическая ассоциация (МКА), Международная академия наук Евразии, Центр мировой системы данных по географии ICSU-WDS, Русское географическое общество, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (МГУ), Сахалинский государственный университет

И 732 **ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата**: Материалы Междунар. конф. – Т. 3. – М.: Издательство Московского университета, 2017. – 304 с.

Сборник включает материалы, представленные на Международную конференцию ИнтерКарто/ИнтерГИС 23. Рассматриваются вопросы геоинформационного и картографического обеспечения экологических, экономических и социальных аспектов устойчивого развития территорий в условиях глобальных климатических изменений, в том числе вопросы развития геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования Земли, проблемы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, сохранения культурного наследия и туризма, географического образования. Особо выделены вопросы использования ГИС, а также методов дистанционного зондирования и картографирования в областях с развитым нефтегазодобывающим комплексом. Сборник выпускается 1 раз в год начиная с 1994 г.

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, Ростов-на-Дону), **П.Я. Бакланов** (Тихоокеанский ин-т географии РАН, Владивосток), **А.Р. Батуев** (Ин-т географии СО РАН, 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 Донг 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, Новосибирск), **И.К. Лурье** (МГУ), **Ф. Де Мейер** (Гентский ун-т, Бельгия), **В.А. Мелкий** (Сахалинский государственный ун-т, Южно-Сахалинск), **М.В. Нырцов** (МГУ), **Г. Нямдава** (Министерство окружающей среды, зелёного развития и туризма, Монголия), **Ф. Ормелинг** (Ун-т Утрехта, Нидерланды), **А.В. Погорелов** (Кубанский государственный ун-т, Краснодар), **С.В. Пьянков** (Пермский государственный ун-т), **И.Н. Ротанова** (Алтайский государственный ун-т, Барнаул), **Н. Улугтекин** (Стамбульский технический ун-т, Турция), **Н.Н. Филатов** (Институт водных проблем Севера РАН, Петрозаводск), **М.-И. Фрейтас** (Гос. ун-т Сан-Паулу, Бразилия), **А.Н. Чумаченко** (Саратовский государственный ун-т)

При цитировании просим использовать точное наименование сборника. Образцы цитирования:
Ivanov A.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto/InterGIS 23: Proceedings of the International Conference. Moscow: Moscow University Press, 2017, Vol. 3, pp. 110–120, DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-110-120 (для цитирования на английском языке).
Иванов И.О., Петров И.О. Название статьи // ИнтерКарто/ИнтерГИС 23: Материалы Междунар. конф. – М.: Издательство Московского университета, 2017. – Т. 3. – С. 110–120. – DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-110-120 (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

Издание осуществлено за счёт гранта Российского научного фонда № 15-17-30009 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата»

© Международная картографическая ассоциация, 2017
© Коллектив авторов, 2017

InterCarto/InterGIS 23

GEOINFORMATION SUPPORT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES IN THE CONTEXT OF GLOBAL CLIMATE CHANGE

Proceedings of the International Conference
Yuzhno-Sakhalinsk (Russia),
Seoul (Republic of Korea),
Washington DC (USA)
June 26 – July 7, 2017

Volume 3

http://intercarto.msu.ru

Moscow
Moscow University Press
2017

ISSN 2414-9179 (Print)
ISSN 2414-9209 (Online)

Organized by:
International Cartographic Association,
International Eurasian Academy of Sciences,
World Data Center for Geography ICSU-WDS,
Russian Geographical Society,
M.V. Lomonosov Moscow State University
Sakhalin State University

InterCarto/InterGIS 23. GI support of sustainable development of territories in conditions of global climate change: Proceedings of the International Conference. Vol. 3, Moscow: Moscow University Press, 2017, 264 p.

The Proceedings include papers presented at the *InterCarto/InterGIS 23* International Conference that discuss GI and cartographic support of environmental, economic, and social aspects of sustainable development of territories in the context of global climate change. The issue focuses on the aspects of geoinformatics, cartography, remote sensing of the Earth, environmental protection and safety, preservation of cultural heritage, tourism, and geographical education. Application of GIS, remote sensing, and mapping in the regions with well-developed oil and gas sector is specifically highlighted. The Proceedings have been published once per year since 1994.

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 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), **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. Ulugtekin** (Istanbul Technical University, Turkey)

Please use the exact name of the Proceedings for citations.
Citation example:
IvanovA.B., Petrov A.B. Title of the article. InterCarto/InterGIS 23: Proceedings of the International Conference. Moscow: Moscow University Press, 2017, Vol. 3, pp. 110–120, DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-110-120.

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

The publication realized by the grant from the Russian Science Foundation No 15-17-30009 "GI support of sustainable development of the territories in conditions of global climate change"

© International Cartographic Association, 2017
© Authors, 2017

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ

REMOTE METHODS OF EARTH RESEARCH

УДК 528.88 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-5-19

Е.А. Балдина[1], Н.Р. Николаев[2], К.А. Трошко[3]

ПРИМЕНЕНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ SENTINEL-1 ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

АННОТАЦИЯ

Новые европейские спутники дистанционного зондирования Земли Sentinel-1A и -1B с радиолокаторами С-диапазона на борту, выведенные на орбиту соответственно в 2014 и 2016 гг., обеспечивают регулярное получение радиолокационных данных с высокой повторяемостью. Предоставляемые на некоммерческой основе новые данные обеспечивают широкие возможности исследования отдалённых арктических территорий, слабо обеспеченных материалами съёмок в оптическом диапазоне из-за облачности. Сложности распознавания объектов на радиолокационных изображениях компенсируются возможностью использования многократных повторных съёмок, позволяющих выявить участки местности, сходные по характеру изменений. В проведённом исследовании использовались материалы 4 съёмок со спутника Sentinel-1A, полученные в течение летнего периода 2015 г. и охватывающие самый большой из Новосибирских островов – Котельный. После предварительной обработки, направленной на улучшение изобразительных свойств, и взаимного согласования изображений были проведены автоматизированная кластеризация разновременных снимков, её генерализация, а также последующий анализ при сопоставлении с дополнительными источниками пространственной информации. В работе использованы как специализированное программное обеспечение для обработки радиолокационных данных Sentinel-1 – SNAP, так и программный комплекс ArcGIS, обеспечивший создание базы пространственных данных, необходимых для сопоставления результатов обработки радиолокационных данных и картографических источников. По результатам автоматизированной обработки многовременного снимка была получена карта предварительного районирования территории по характеру изменений значений коэффициента обратного рассеяния (УЭПР) за летний период и установлено примерное соответствие районов основным типам рельефа и ландшафтам острова.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

космические радиолокационные данные, Sentinel-1, обработка данных, дешифрирование, остров Котельный

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* eabaldina@yahoo.com

[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва Ленинские горы, 1; *e-mail:* nikolaevnikita@mail.ru

[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва Ленинские горы, 1; *e-mail:* troshko_ka@ntsomz.ru

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы всё более широко распространяются методы получения и применения данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в радиоволновом диапазоне, обладающих рядом преимуществ по сравнению с космическими снимками оптических съёмочных систем. Формирование радиолокационных изображений почти не зависит от погодных условий и освещённости территории, радиолокационная съёмка предоставляет информацию о физических и геометрических свойствах поверхности, поэтому их применение имеет особое значение для мониторинга областей, характеризующихся постоянным облачным покровом или продолжительной полярной ночью. Растущее внимание к приполярному региону нашей страны обусловливает целесообразность изучения возможностей практического применения данных ДЗЗ в радиоволновом диапазоне, являющихся уникальным источником информации о текущем состоянии труднодоступных северных территорий.

Существенным препятствием на пути к активному использованию данных радиолокационного зондирования до недавнего времени являлись их относительно малая доступность и высокая стоимость. Однако начиная с 2014 года Европейское космическое агентство предоставляет бесплатный доступ к архиву снимков нового спутника радиолокационного наблюдения Sentinel-1A, а с 2016 года – аналогичного спутника Sentinel-1B. Эти данные, доступные на портале программы «Коперник» [Open Access Hub. URL: https://scihub.copernicus.eu/], открывают широкие возможности для географических исследований и использования их в образовательных проектах [Балдина и др., 2016], в научной и практической работе.

Мировой опыт применения радиолокационных данных для исследования арктических районов обширен, в разные годы была показана эффективность использования данных различных космических систем радиолокационного наблюдения, существенно различающихся параметрами съёмки: Radarsat-1,-2, ERS-1,-2, ENVISAT/ASAR, ALOS/PALSAR, TerraSAR-X и др. Разновременные радиолокационные изображения широко используются для определения влагосодержания почв [Wall et al., 2010], болот [Widhalm *et al.*, 2015], определения водного эквивалента снега [Pivot, 2012]. В работе [Regmi *et al.*, 2012] показано, что значения коэффициента обратного рассеяния могут служить индикатором возраста термокарстовых котловин. Для нашей работы первостепенное значение имеет опыт исследования на основе радиолокационных данных тундровых районов с распространением многолетней мерзлоты и свойственных им таких процессов, влияющих на обратный сигнал, как замерзание или оттаивание сезонно-талого слоя, выпадение и таяние снега [Antonova *et al.*, 2016; Duguay *et al.*, 1999]. Так, в работе [Antonova *et al.*, 2016] на примере обширного материала повторных радиолокационных съёмок высокого разрешения TerraSAR-X в сочетании с серией длительных наземных наблюдений за состоянием местности и снимками в оптическом диапазоне выделены факторы, потенциально влияющие на обратное рассеяние для случая типичной тундры, подстилаемой многолетней мерзлотой. Среди них есть постоянные условия, такие как вариации в шероховатости, связанные с различными типами поверхности (почвы / грунта или растительности), а также динамические условия, обусловленные увлажнением и просыханием, замерзанием и оттаиванием почвы и т.п. При этом известно, что интенсивность обратного сигнала, зависящая от степени шероховатости поверхности, зависит и от длины волны зондирующего сигнала. На участках с растительным покровом имеет место объёмное рассеяние, повышающее общее обратное рассеяние. Состояние почв и растительности по-разному влияет на обратное рассеяние в зависимости от их диэлектрических свойств, обусловленных влагосодержанием: влажная почва обычно даёт более высокое обратное рассеяние, чем сухая. Независимо от состояния поверхности наибольший обратный сигнал дают участки, расположенные не горизонтально, а с наклоном в сторону зондирующего луча.

Несмотря на многолетние исследования, трудности при использовании радиолокационных данных для картографирования по-прежнему представляют недостаточная изученность влияния свойств поверхности на характеристики отражённого импульса радиолокационных систем, зависимость рассеянного поверхностью сигнала как от свойств и состояния объектов, так и от параметров зондирующего излучения. Это обстоятельство препятствует выявлению однозначных дешифровочных признаков различных объектов. Использование материалов повторных съёмок территории при одинаковых параметрах позволяет выявить наиболее характерные черты местности. Работа направлена на формирование общего подхода к использованию радиолокационных данных для целей исследования состояния труднодоступных территорий и последующего картографирования на основе повторных съёмок Sentinel-1 на примере о. Котельный, входящего в состав Новосибирского архипелага.

Характеристика территории

Остров Котельный расположен за полярным кругом в регионе, характеризующемся высокой повторяемостью облачных дней, что накладывает ограничения на использование космических снимков оптических съёмочных систем для его изучения, мониторинга и картографирования. Отличительной особенностью рассматриваемой территории является её уникальное ландшафтное разнообразие: остров фактически разделён на три части: собственно о. Котельный (одноимённая западная часть), Землю Бунге и о. Фаддеевский (рисунок 1). Все части острова расположены в зоне сплошного распространения многолетней мерзлоты.

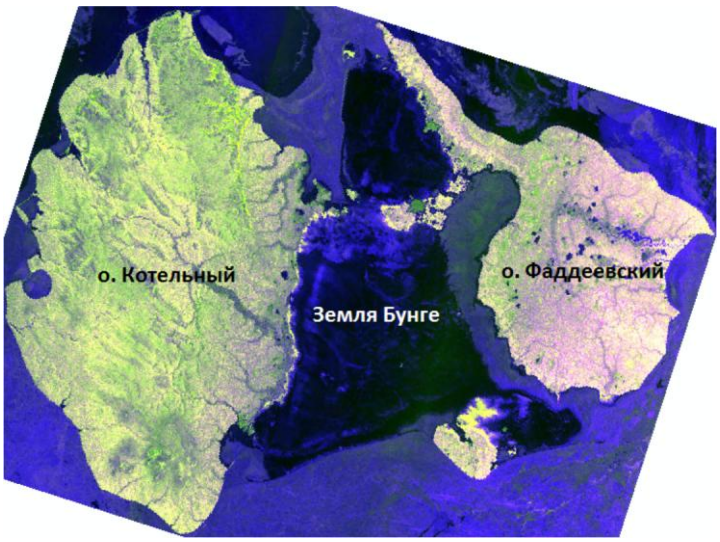


Рисунок 1. *Остров Котельный на преобразованном радиолокационном снимке Sentinel-1A, полученном 03.07.2015*

Figure 1. *Kotelny Island as seen in the preprocessed Sentinel-1A radar image acquired 07. 03.2017*

Котельный имеет самый разнообразный рельеф из всех трёх частей острова и делится на три гипсометрических уровня: прибрежную равнину (средние высоты 20–40 м, максимальные – 50–60 м), возвышенности (средние высоты около 80–120 м) и горный массив в его южной части. Равнина сильно расчленена сетью рек и оврагов, осложнена термокарстовыми формами рельефа: байджарахами, аласами и различными полигональными структурами. Возвышенности с преобладанием плато расположены в центре этой части острова и отделены от прибрежной равнины резкими уступами. Возвышенности прорезаны долинами крупнейшей реки территории Балыктах и её притоков. В южной части отдельные участки плато поднимаются до высоты 170–180 м, в северной – до 140–150 м. Наивысшими точками являются отдельные вершины, расположенные в пределах плоской поверхности плато с высотами 200 м. Склоны гор обычно покрыты щебнисто-каменными россыпями, реже – мелкозё-

мом. Сползающий материал образует террасы. В пределах крутых склонов встречаются каменные реки.

Земля Бунге – низменная равнина, занятая арктической песчаной пустыней. Перевеваемый ветром песок образует мелкобугристый рельеф с редко встречающимися пологими грядами и отдельными кочками. В пределах Земли Бунге также выделяются пологие ложбины, образованные талыми водами. На юго-востоке и в центральной части расположены возвышенность Земли Бунге и возвышенность Евсекю-Булгуннях соответственно.

Полуостров Фаддеевский представляет собой расчленённую пологоувалистую аккумулятивно-денудационную равнину со средними высотами 20–30 м. Наибольшей высоты поверхность о. Фаддеевский достигает в районе стрелки Анжу – около 65 м. Особенностью этой части является большое количество термокарстовых понижений – аласов, характеризующихся различными размерами и стадиями развития. Юго-восточная часть о. Фаддеевского наиболее расчленена, в центральной преобладают сильно заболоченные низменные участки [Новосибирские острова, 1963, 1967; Советская Арктика, 1970; Государственная геологическая…, 1999, Материалы..., 2015].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалы

Для изучения особенностей радиолокационных изображений о. Котельного были отобраны 4 снимка Sentinel-1A, охватывающих всю изучаемую территорию, полученных в бесснежный период при одинаковой геометрии съёмки. Одинаковые параметры съёмки существенно упрощают совместную обработку разновременных снимков. Параметры используемых снимков приведены в таблице 1.

Таблица 1. *Используемые снимки спутника Sentinel-1A*
Table 1. *Sentinel-1A data used for this paper*

Даты съёмки	03.07.2015, 15.07.2015, 08.08.2015, 20.08.2015
Режим съёмки	Сверхширокозахватный (англ. Extra-Wide Swath)
Поляризации	HH, HV
Размер пиксела, м	40x40
Углы падения, °	19.2-46.5
Орбита	Нисходящая

Сверхширокозахватный режим обеспечивает единовременное получение изображений большой площади; ширина полосы захвата на широте о. Котельный составляет около 400 км. Следовательно, на основе данных с такими характеристиками оптимальными масштабами картографирования представляется диапазон от 1:500 000 до 1:2 000 000.

Перед началом интерпретации радиолокационных изображений (РЛИ) большое внимание было уделено сбору дополнительных источников и формированию базы пространственных данных, поскольку тематическое дешифрирование радиолокационных снимков без привлечения дополнительных источников информации о местности малоэффективно. Для этой цели были использованы следующие дополнительные пространственно-координированные источники информации: геоморфологическая схема (автор И.В. Семёнов) [Новосибирские острова, 1967], листы геологической и топографической карт масштаба 1:200 000, снимки Landsat-8 с относительно малым покрытием облачностью, мозаика, составленная на основе летних малооблачных снимков Landsat-7 (2000-2002 гг.), а также координатно-привязанные наземные фотографии, опубликованные в Google Earth. Современные ГИС-технологии позволяют осуществить точную привязку различных пространственно-координированных данных, что значительно облегчает проведение их сопоставления и совместного анализа. Все

собранные материалы, включая РЛИ, были взаимно привязаны в программном комплексе (ПК) ArcGIS (рисунок 2).

Геоморфологическая схема, созданная в 1967 г., предоставила пространственную картину распространения различных типов рельефа, ценную для изучения территории и последующего картографирования. Изображение рельефа горизонталями на топографической карте позволяло учесть влияние крутизны и направления склонов на особенности изображения различных участков на радиолокационных снимках. Снимки системы OLI/Landsat-8, полученные в тот же период времени, что и радиолокационные снимки, необходимы для идентификации и анализа быстро изменяющихся участков, таких, как поверхность песчаной пустыни, расположенной в центральной части острова, наличие снежного покрова и пр. Кроме того, снимки оптического диапазона позволили выделить участки с наибольшим участием растительного покрова, что необходимо для учёта его влияния на характер обратного рассеяния. Сравнение РЛИ с более привычным космическим образом территории стало возможным благодаря безоблачной мозаике, составленной по снимкам Landsat-7.

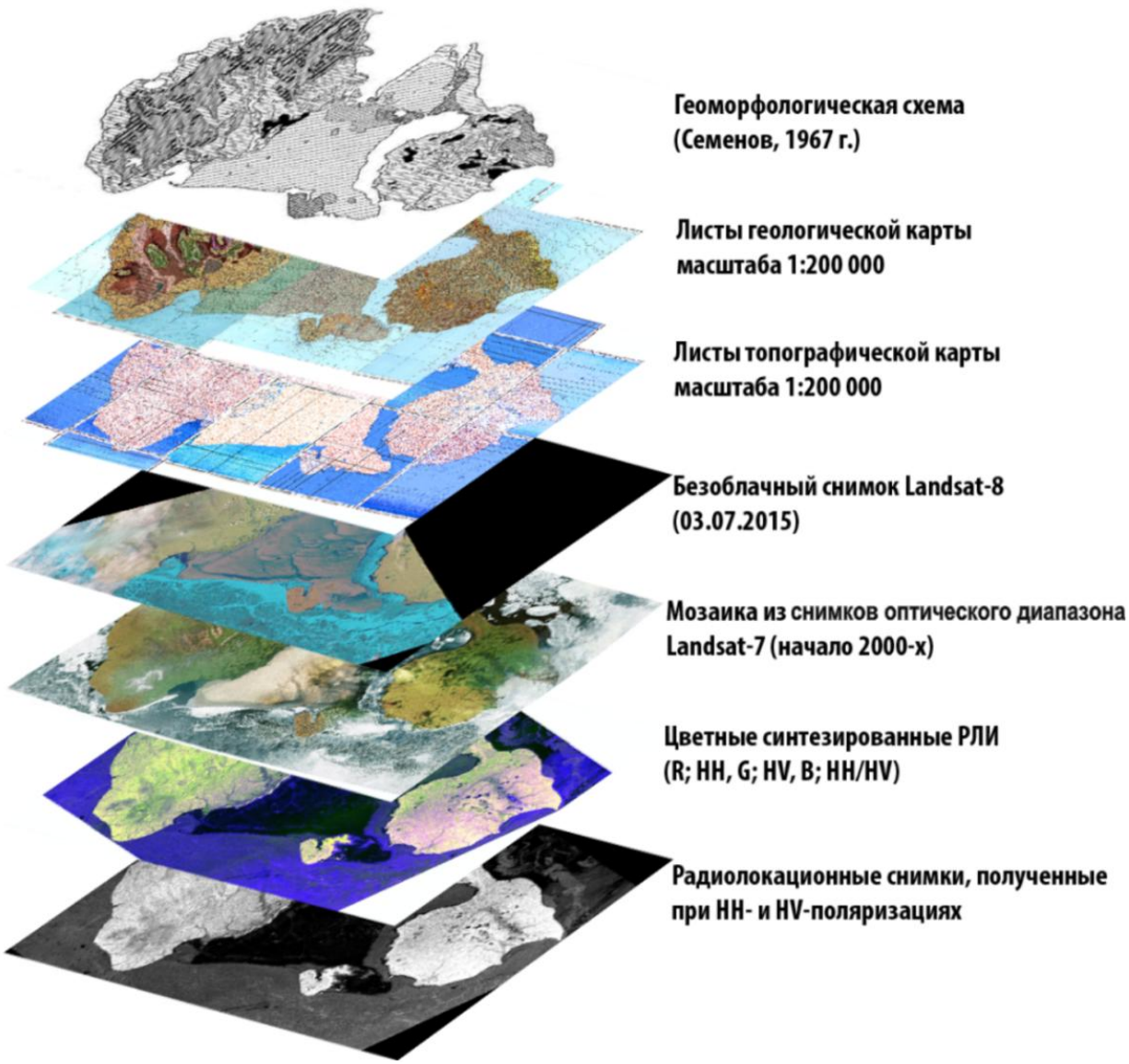


Рисунок 2. *Набор пространственных данных, собранных для интерпретации РЛИ*
Figure 2. *Spatial data set for radar images interpretation*

Помимо подобранных пространственно-координированных данных большую роль в исследовании территории о. Котельного сыграли литературные источники [Новосибирские острова, 1963, 1967; Советская Арктика, 1970; Государственная геологическая…, 1999, Материалы..., 2015].

Методы обработки

Большое значение для тематического анализа радиолокационных данных имеет их предварительная обработка, поскольку исходные изображения сложны для интерпретации. Предварительная обработка была осуществлена в программе SNAP, предназначенной для данных Sentinel, которая так же, как и сами данные, размещена на портале «Коперник». Для получения изображений, пригодных для последующего анализа и дешифрирования, были выполнены следующие процедуры: радиометрическая калибровка (переход от значений яркости к физическим характеристикам обратного рассеяния – УЭПР), фильтрация, корегистрация 4 отобранных снимков, полученных в летний период, и последующая кластеризация собранного из них многовременного снимка.

Определённым преимуществом кластеризации для обработки разновременных радиолокационных снимков является быстро обеспечиваемая группировка исходных данных в отдельные кластеры по признаку близости значений УЭПР, которые лучше поддаются интерпретации с опорой на дополнительные источники информации, чем исходное радиолокационное изображение.

Стоит отметить, что одной из ключевых особенностей радиолокационных изображений является их повышенная зернистость, обусловленная спекл-шумом [Верба и др, 2010]. При проведении визуального дешифрирования радиолокационных снимков мозг человека идентифицирует очертания отдельных объектов, несмотря на их внутреннюю яркостную неоднородность, чего нельзя сказать об автоматической обработке. Например, при кластеризации пикселы, соответствующие одному объекту местности, но различающиеся по уровню зарегистрированного обратного сигнала, будут отнесены к различным кластерам. Таким образом, кластеры, полученные при обработке зашумленного радиолокационного изображения, могут не формировать целостные ареалы (рисунок 3а).

Для автоматизированного создания наиболее достоверной с географической точки зрения схемы дешифрирования был осуществлен тщательный подбор параметров кластеризации. Так, было выявлено, что наилучшие результаты могут быть получены при использовании серии разновременных снимков, полученных при горизонтальной согласованной поляризации (HH). Дело в том, что снимки, полученные при HV-поляризации, вследствие особенностей съёмочного режима [Sentinel Online – ESA. URL: sentinel.esa.int] обладают рядом плохо устранимых радиометрических искажений, значительно ухудшающих результаты кластеризации изображений, содержащих HV-канал. Помимо выбора исходных данных для проведения кластеризации было необходимо определить оптимальное количество выделяемых кластеров. Предполагаемое число типов местности, которое может быть выделено и интерпретируемо по радиолокационным изображениям (10–12) было определено в результате анализа дополнительных источников информации.

Для повышения качества результатов кластеризации была проведена автоматизированная генерализация, заключавшаяся в объединении и присоединении отдельных мелких полигонов с использованием ПК ArcGIS. Были последовательно использованы следующие инструменты: Focal Statistics, Boundary Clean, Region Group, Set Null, Nibble, Aggregate, что позволило устранить мелкие незначимые группы пикселов путём их присоединения к доминирующим кластерам.

Результатом процедуры отсечения малых незначимых полигонов (Nibble) является полученная автоматизированным путём «карта» районирования территории по характеру обратного рассеяния с пространственным разрешением 40 м (рисунок 3б). Сформированная «карта» избавлена от излишней мозаичности и пригодна для анализа и интерпретации. Про-

цедура агрегирования (Aggregate) позволяет сформировать обобщённую карту районирования территории с пространственным разрешением 400 м, удобную для проведения сравнения с доступными картографическими источниками (рисунок 3в).

Для ускорения процесса обработки вариантов кластеризации с помощью языка визуального программирования Model Builder был сформирован единый инструмент, позволяющий получить обработанные результаты с пространственным разрешением 40 и 400 м. Результаты обобщенной кластеризации в дальнейшем служили обоснованием легенды карты типов местности, объективно выделяющихся по радиолокационным данным.

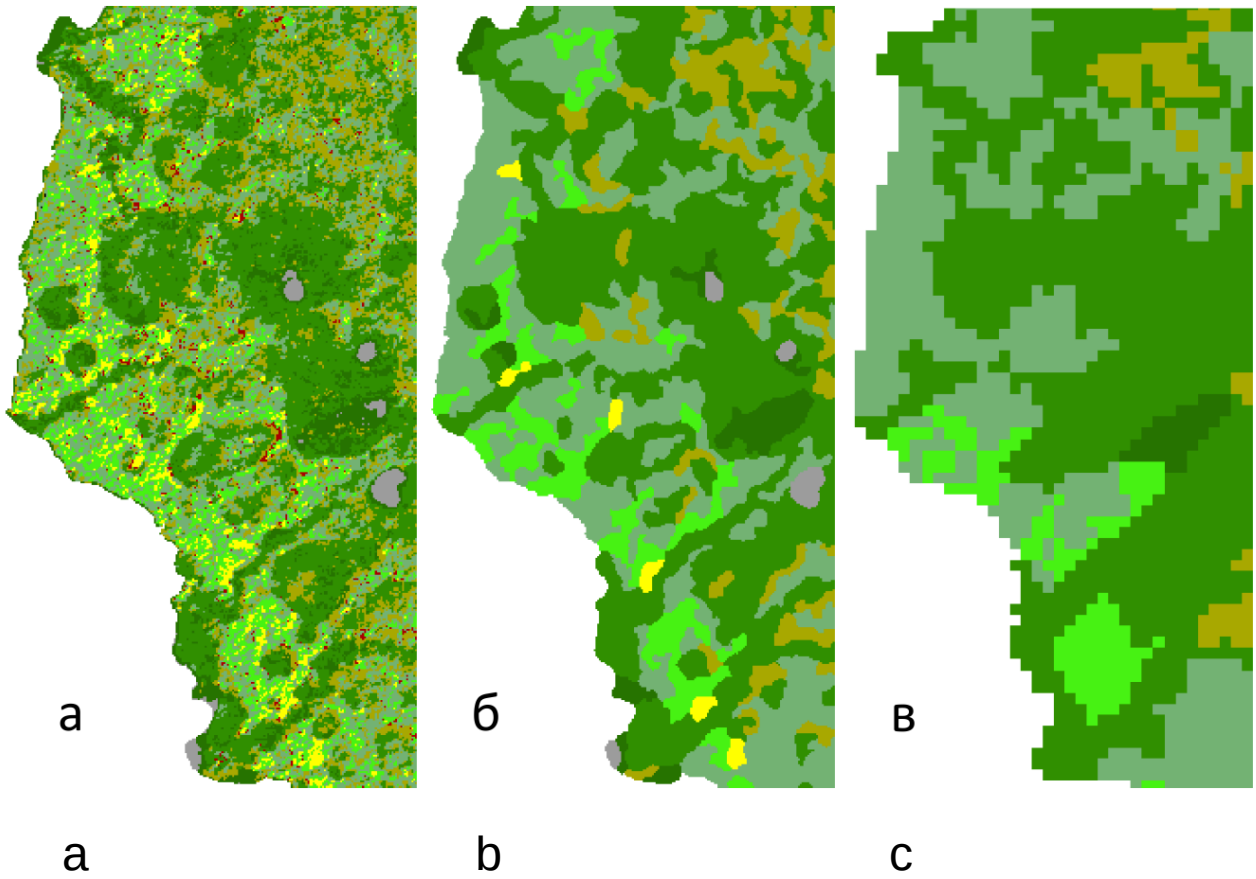


Рисунок 3. *Обобщение результата кластеризации*
а) *исходных снимков;*
б) *после отсечения малых незначимых полигонов (Nibble) с пространственным разрешением 40 м;*
в) *после процедуры агрегирования (Aggregate) 400 м*
Figure 3. *Clustering results after post processing:*
a) *original;*
b) *after removal of small units (Nibble), pixel size 40 m;*
c) *after aggregation with pixel sixe 400 m*

Для картографирования оказалось целесообразным сочетать методы автоматизированного и визуального дешифрирования, при котором возможен учёт косвенных признаков, и информации, представленной в дополнительных источниках. Разработана общая схема создания карты типов местности, выделяемых по РЛ данным, которая включает как этапы компьютерной обработки, так и требующие проведения визуального анализа (рисунок 4). Схема предполагает итеративную процедуру при определении типов местности, выделяемых при

кластеризации по радиолокационным снимкам: после первичной кластеризации происходит анализ результатов и корректировка её параметров. Подобный подход к картографированию значительно сокращает временные затраты на интерпретацию РЛ данных и выделение необходимых полигонов.

Для визуального анализа снимков в результате обработки были сделаны цветные синтезированные изображения. Комбинирование данных из разных каналов позволяет создать производные изображения, наилучшим образом отображающие различные особенности местности [Дмитриев и др., 2014]. Для интерпретации радиолокационных изображений в текущей работе был использован наиболее простой и информативный синтез – R: HH, G: HV, B: HH/HV (рисунок 1).

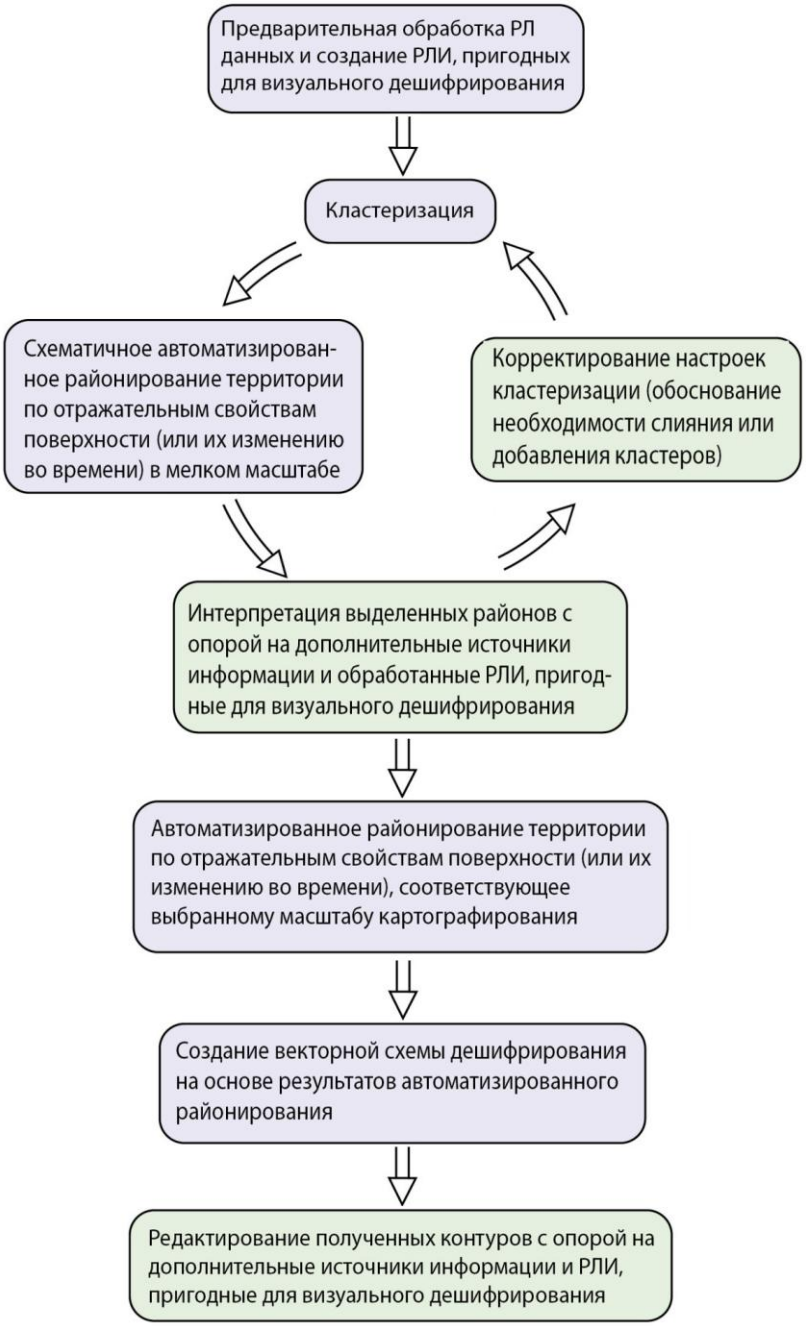


Рисунок 4. *Схема создания карты районирования территории на основе радиолокационных данных*
Figure 4. *Scheme of creating territorial zoning map based on radar images*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате обработки получено два вида материалов, созданных на основе исходных радиолокационных данных – цветные синтезированные изображения разных сроков и результат кластеризации многовременного снимка после автоматизированной генерализации. На их основе проведено районирование территории по характеру обратного рассеяния и его изменению за летний период 2015 г. Изменение характеристик обратного рассеяния сигнала при взаимодействии с поверхностью различных участков территории, которые выявляются по снимкам, полученным при идентичных параметрах съёмки, в нашем случае могут быть обусловлены как постепенным развитием растительного покрова, так и изменением увлажнения поверхности вследствие оттаивания и просыхания сезонно-талого слоя или выпадения осадков. Известно, в частности, [например, Antonova *et al.*, 2016], что в течение летнего периода значения УЭПР арктических тундр снижаются вследствие затухания сигнала в развивающемся растительном покрове или промерзания верхнего слоя почвы, а увеличение УЭПР может вызвать увлажнение поверхности вследствие протаивания верхнего слоя. Эти явления по-разному проявляются на участках, различающихся по своим физико-географическим характеристикам, что и является основанием для их различения и картографирования.

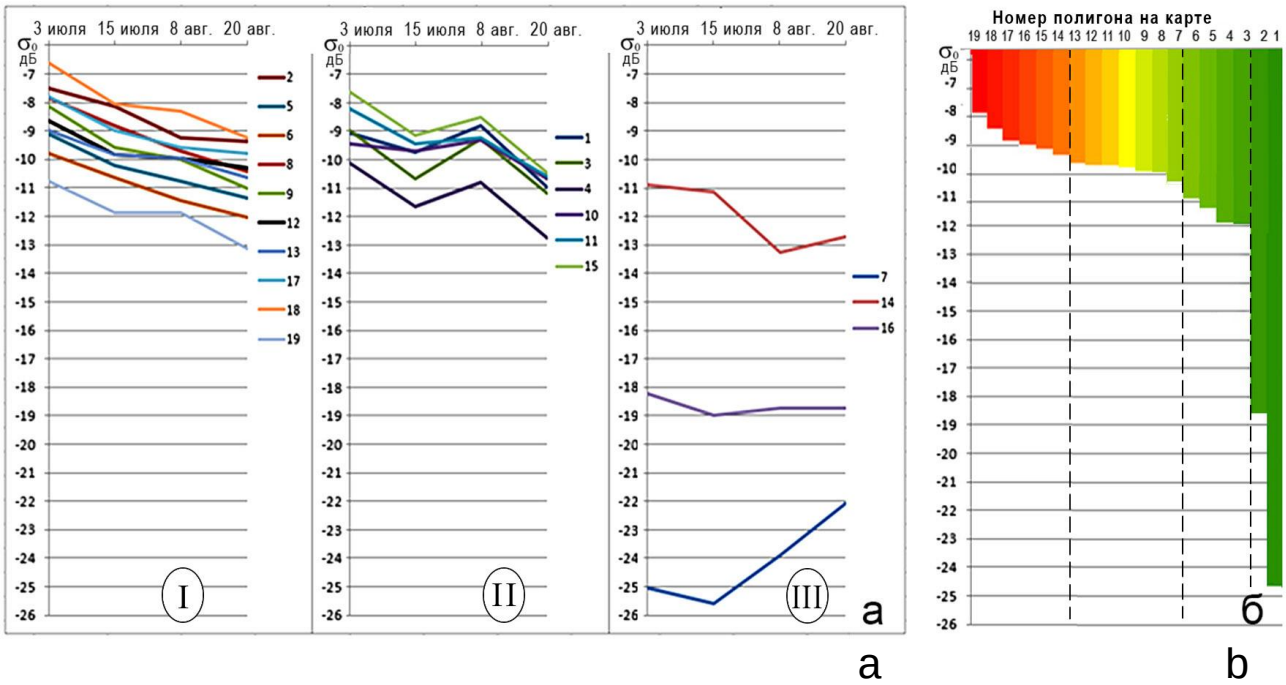


Рисунок 5. *Результаты статистической обработки значений УЭПР (σ_o) по выделенным на карте районирования полигонам:*

а) разделённые на 3 группы по виду графиков изменения значений УЭПР (σ_o) в НН-поляризации;

б) разделённые на 4 группы по средним значениям УЭПР за летний период

Figure 5. *Results of the statistical analysis of backscatter values (σ_o, HH polarization) for the polygons of the zoning map:*

a) classified into 3 groups by graphs of the backscatter values changes;

b) classified into 4 levels by mean summer backscatter values

Так как различные типы местности наилучшим образом различаются на результатах кластеризации многовременного снимка, в основу легенды карты районирования был положен вид изменения и средний уровень значений УЭПР различных типов местности за летний период. Для каждого выделенного полигона выявлен характер изменения обратного рассеяния между съёмками, в соответствии с которым графики разделены на три группы по виду кривой (рисунок 5а): I – с монотонным падением значений, II – с общим падением значений и ярко выраженным повышением в начале августа, III – прочие. Осреднённые за летний период значения УЭПР выделенных полигонов разделены на 4 группы по диаграмме (рисунок 5б): относительно высокие (полигоны 14-19), средние (7-13), относительно низкие (3-6), низкие (1, 2).

После выделения границ полигонов, характеризующихся различным ходом УЭПР в летний период и их средними значениями, каждый из них был идентифицирован с объектами местности на основе дополнительных источников информации. К существенным характеристикам были отнесены положение в рельефе, характер поверхности, общая расчленённость местности, преобладающий растительный покров. Информация о рельефе территории и характере поверхности в основном была получена с помощью геоморфологической схемы и топографической карты. Общая расчленённость территории была оценена с помощью топографической карты и литературных описаний. Преобладающий растительный покров был определён с опорой на снимки оптических съёмочных систем, цветные синтезированные РЛИ и литературные описания. Полученная карта районирования приведена на рисунке 6, а описание выделенных полигонов – в таблице 2.

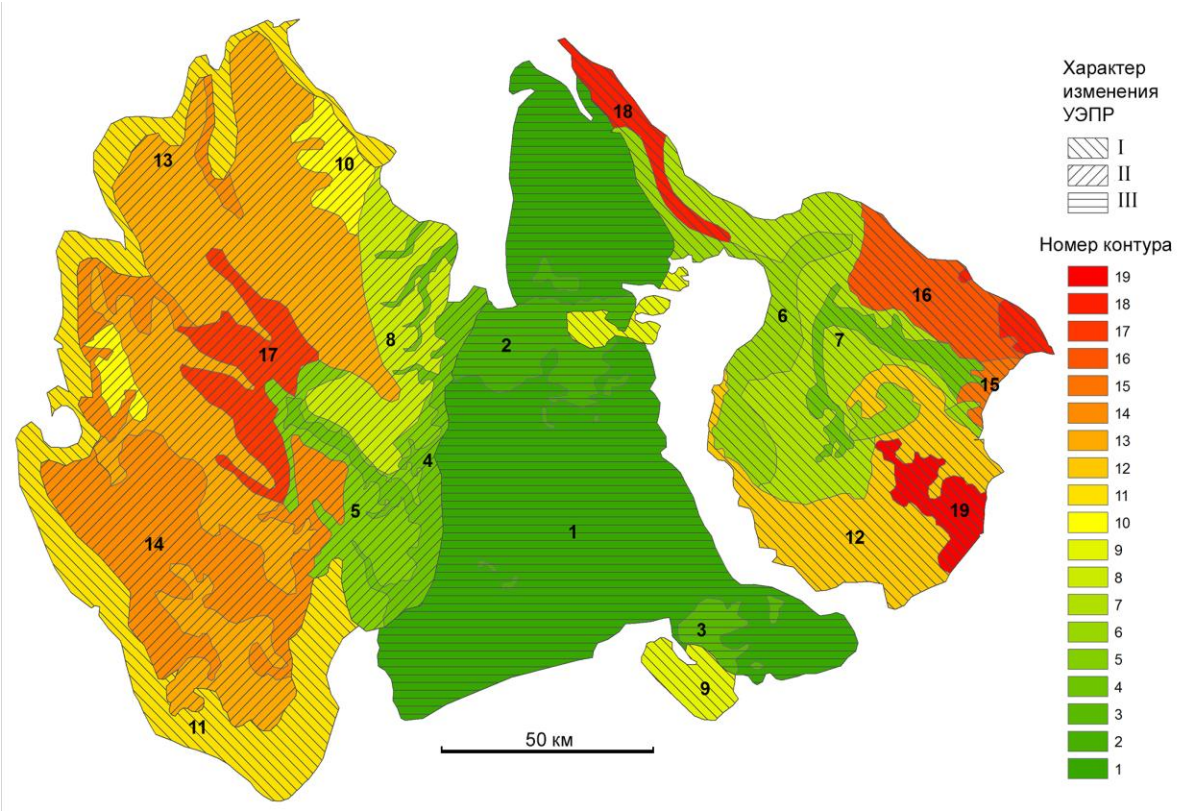


Рисунок 6. *Карта районирования территории о. Котельный по среднему значению УЭПР и его изменениям за летний период 2015 г. (легенда в таблице 2)*

Figure 6. *The map of the Kotelny Island zoning based on mean backscatter values and theirs changes during the summer of 2015 (the legend is in Table 2)*

ВЫВОДЫ

В результате проведения экспериментальных работ был сформирован общий подход к использованию радиолокационных данных для картографирования и изучения состояния местности на примере о. Котельный. В частности, было определено, что для кластеризации выбранных разновременных радиолокационных снимков Sentinel-1 с целью обзорного картографирования достаточно использования данных в согласованной горизонтальной поляризации, поскольку данные перекрёстной поляризации обладают плохо устранимыми радиометрическими искажениями. Составленная модель автоматизированной генерализации результатов кластеризации позволила оперативно формировать схемы дешифрирования, значительно облегчающие процесс картографирования и изучения местности по радиолокационным данным.

Таблица 2. *Интерпретация полигонов, выделенных на карте районирования*
Table 2. *Interpretation of the zoning map contours*

	Осреднённые за летний период значения УЭПР	Тип местности
I. Территории, характеризующиеся монотонным падением значений УЭПР за летний период		
19	Относительно высокие	Возвышенная денудационная равнина с сильно выраженным эрозионным расчленением, с тундровой растительностью
18		Морская аккумулятивная равнина с сильно выраженным эрозионным расчленением, с растительностью тундрового типа
16		Пологохолмистая равнина с сильно выраженным эрозионным и местами аласным расчленением, с тундровой растительностью
15		Аккумулятивная прибрежная низменная равнина с полигональным микрорельефом, периодически заливаемая морем, с галофитной тундровой растительностью
12	Средние	Денудационно-аккумулятивная равнина с выраженным аласным и эрозионным расчленением, с тундровой растительностью
11		Аккумулятивно-денудационная прибрежная равнина с выраженным эрозионным расчленением, с тундровой растительностью
9		Озёрно-расчлененная аккумулятивная вторая морская терраса с тундровой и болотной растительностью
7		Озёрно-аллювиальная аккумулятивно-денудационная равнина с хорошо выраженным аласным расчленением, с тундровой растительностью
6	Относительно низкие	Аккумулятивная озёрно-аллювиальная равнина с умеренным аласным расчленением, с тундровой и болотной растительностью
II. Территории, характеризующиеся общим падением значений УЭПР за летний период и ярко выраженным повышением в начале августа		
17	Относительно высокие	Сильно расчленённая аккумулятивно-денудационная равнина с эрозионными и термокарстовыми формами рельефа, с преимущественно тундровой растительностью

14		Сильно расчленённая денудационно-эрозионная платообразная полого-увалистая возвышенная равнина с тундровой растительностью
13	Средние	Низкогорный рельеф – полого-вершинное слаборасчленённое плато с растительностью полярных пустынь
10		Сильно расчленённая денудационно-эрозионная платообразная полого-увалистая возвышенная равнина с преимущественно полярно-пустынной и местами тундровой растительностью
8		Озёрно-аллювиальная равнина с выраженным аласным и эрозионным расчленением, с тундровой растительностью
5	Относительно низкие	Возвышенная пологоволнистая денудационно-аккумулятивная едомная равнина с высокой степенью эрозионного расчленения, с тундровой растительностью
4		Долины крупных рек с плоским заболоченным дном, с болотной и тундровой растительностью
III. Территории, характеризующиеся прочими типами изменения значений УЭПР за летний период		
3	Относительно низкие	Возвышенная равнина с умеренной степенью эрозионного расчленения, с разреженной болотной и тундровой растительностью
2	Низкие	Возвышенная равнина с умеренной степенью эрозионного расчленения, лишенная растительного покрова
1		Нерасчленённая плоская морская песчаная низменная равнина, лишённая растительного покрова

Сопоставление предварительно обработанных радиолокационных снимков и обобщённой карты кластеризации с обширной пространственно-координированной базой источников тематической информации позволяет проследить факторы, влияющие на отражающие свойства зондируемых объектов.

Особый интерес представляют изменения значений УЭПР различных типов местности за 4 съёмочных срока. Так, выделенные типы изменения УЭПР в целом соответствуют трём основным типам рельефа острова: платообразным возвышенностям о. Котельного, возвышенным равнинам о. Котельного и Фаддеевского, плоской песчаной низменной равнине Земли Бунге.

По средней интенсивности значений обратного рассеяния можно уверенно говорить о наличии влияющего на них растительного покрова в пределах аласов, крупных речных долин и участков арктической тундры, распространённой преимущественно в пределах равнин о. Котельного и Фаддеевского, при этом Земля Бунге и поверхность плато о. Котельного практически полностью лишены растительного покрова. Низкие значения УЭПР Земли Бунге объясняются прежде всего низкой диэлектрической проницаемостью и слабо выраженной шероховатостью ровной песчаной поверхности. Совместный анализ цветных синтезированных изображений и различных дополнительных источников информации о местности позволили идентифицировать большинство объектов, выделяющихся по радиолокационным снимкам, а статистический анализ – оценить свойства, определяющие особенности их радиолокационного изображения, которые представлены на карте районирования территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балдина Е.А., Трошко К.А., Николаев Н.Р.* Радиолокационные данные Sentinel-1 и возможности их обработки для дешифрирования форм рельефа острова Котельный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2016. – №3. – С. 78–85.
2. *Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э.* Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / Под. ред. В. С. Вербы. – М.: Радиотехника, 2010. – 675 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-53-55 – Новосибирские острова. Объяснительная записка. – СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 1999. – 208 с. (МПР России, ВСЕГЕИ, ВНИИ Океангеология, ГНПП «Аэрогеология», ПМГРЭ).
4. *Дмитриев А.В., Чимитдорджиев Т.Н., Гусев М.А., Дагуров П.Н., Емельянов К.С., Захаров А.И., Кирбижекова И.И.* Базовые продукты зондирования Земли космическими радиолокаторами с синтезированной апертурой // Исследование Земли из космоса. – 2014. – №5.– С. 83-91. DOI: 10.7868/S0205961414050042.
5. Материалы комплексного экологического обследования участков территории, обосновывающего придание этой территории правового статуса особо охраняемой природной территории федерального значения – государственного природного заказника «Новосибирские острова». – Издание Фонда дикой природы, 2015. – 484 с.
6. Новосибирские острова. Сборник статей / Под ред. Г.Л. Рутилевского и Р.К. Сиско. – Л.: Мор. Транспорт, 1963. – 233 с.
7. Новосибирские острова. Физ.-геогр. характеристика архипелага / Под ред. Я.Я. Гаккеля. – Л.: Гидрометеоиздат, 1967. – 212 с.
8. Советская Арктика. Моря и острова Северного Ледовитого океана. – М.: Наука, 1970. – 526 с.
9. *Antonova S., Kääb A., Heim B., Langer M., Boike J.* Spatio-temporal variability of X band radar backscatter and coherence over the Lena River Delta, Siberia // Remote Sensing of Environment, 182, 2016. – Pp. 169–191. DOI:10.1016/j.rse.2016.05.003.
10. *Duguay C.K., Rouse W.R., Lafleur P.M., Boudreau L.D., Crevier Y., Pultz T.J.* Analysis of Multi-Temporal ERS-1 SAR Data of Subarctic Tundra and Forest in the Northern Hudson Bay Lowland and Implications for Climate Studies // Canadian Journal of Remote Sensing, 1999. – Pp. 21–33. DOI: 10.1080/07038992.1999.10855260.
11. *Pivot F.* C-Band SAR imagery for snow-cover monitoring at Treeline, Churchill, Manitoba, Canada // Remote Sens. – 2012, № 4. – Pp. 2133–2155. DOI:10.3390/rs4072133.
12. *Regmi P., Grosse G., Jones M.C., Jones B.M., Walter A.K.* Characterizing post-drainage succession in thermokarst lake basins on the Seward Peninsula, Alaska with TerraSAR-X backscatter and Landsat-based NDVI data // Remote Sens. – 2012, № 4. – Pp. 3741–3765. DOI:10.3390/rs4123741.
13. *Wall J., Collingwood A., Treitz P.* Monitoring surface moisture state in the Canadian High Arctic using synthetic aperture radar (SAR) // Can. J. Remote Sensing. – Vol. 36, Suppl. 1. – Pp. S124–S134, 2010. DOI: 10.5589/m10-017.
14. *Widhalm B., Bartsch A., Heim B.* A novel approach for the characterization of tundra wetland regions with C-band SAR satellite data // International Journal of Remote Sensing. – 2015, 36:22. – Pp. 5537–5556. DOI: 10.1080/01431161.2015.1101505.

Elena A. Baldina[1], **Nikita R. Nikolaev**[2], **Ksenia A. Troshko**[3]

APPLICATION OF SENTINEL-1 RADAR DATA FOR MAPPING HARD-TO-REACH NORTHERN TERRITORIES

ABSTRACT

The new European space satellites Sentinel-1A and 1B with C-band radars on board, launched in 2014 and 2016 respectively, provide regular radar data on the Earth's surface with high temporal resolution. These new non-commercial data provides extensive opportunities for research of remote Arctic territories, poorly supplied with optical images due to cloud conditions. Difficulties in recognizing objects on radar images can be compensated for by the possibility of using multiple repeated surveys, which make it possible to identify areas of the terrain which are similar in character of changes. In the study, four Sentinel-1A images of the largest from the New Siberian islands – Kotelny – were used, which were acquired during the summer period from July 3 to August 20, 2015. After preprocessing aimed at improving the visual properties and coregistration of the multitemporal images, an automated clustering of the multitemporal image set was carried out. Clustering results were analyzed on comparison with additional sources of spatial information. Both specialized software for Sentinel-1 radar data processing - SNAP, and the GIS software complex ArcGIS were used. The latter provided the creation of the spatial data base for comparing the results of radar data processing and cartographic sources. The map of the territory zoning was obtained as clustering results which is based on the changes in the normalized radar cross section (sigma nought) over the summer period, and the approximate correspondence of the areas to the main types of the relief and landscapes of the island was established.

KEYWORDS

satellite radar data, Sentinel-1, data processing, image interpretation, Kotelny Island

REFERENCES

1. Baldina E.A., Troshko K.A., Nikolaev N.R. Radiolokacionnye dannye Sentinel-1 i vozmozhnosti ikh obrabotki dlya deshifrirovaniya form rel'efa ostrova Kotel'nyj [Sentinel-1 radar data and their processing capabilities for relief features interpretation of Kotelny Island]. Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Geodeziya i aerofotos'yomka, 2016, No 3, pp. 78–85 (in Russian).
2. Verba V.S., Neronskiy L.B., Osipov I.G., Turuk V.E. Radiolokacionnye sistemy zemleobzora kosmicheskogo bazirovaniya [Spaceborne Earth Surveillance Radar Systems]. 2010, 675 p. (in Russian).
3. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1 000 000 (novaya seriya). List S–53–55. Novosibirskiye ostrova. Ob"yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 million (new series). Sheet S–53–55. The Novosibirsk Islands. Explanatory note]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 1999, 208 p. (MPR Rossii, VSEGEI, VNII Okeangeologiya, GNPP "Aerogeologiya", PMGRE) (in Russian).
4. Dmitriev A.V., Chimitdordzhiev T.N., Gusev M.A., Dagurov P.N., Emel'yanov K.S., Zakharov A.I., Kirbizhekova I.I. Bazovye produkty zondirovaniya Zemli kosmicheskimi radiolokatorami s sintezirovannoj aperturoj [Basic products of the Earth remote sensing by

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 119991, Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia; *e-mail:* eabaldina@yahoo.com
[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography , 119991, Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia; *e-mail:* nikolaevnikita@mail.ru
[3] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, 119991, Leninskie Gory, 1, Moscow, Russia; *e-mail:* troshko_ka@ntsomz.ru

spaceborne synthetic aperture radars]. Issledovanie Zemli iz kosmosa, 2014, No 5, pp. 83–91. DOI: 10.7868/S0205961414050042 (in Russian).
5. Materialy kompleksnogo ekologicheskogo obsledovaniya uchastkov territorii, obosnovyvayushchego pridanie etoj territorii pravovogo statusa osobo okhranyaemoj prirodnoj territorii federal'nogo znacheniya – gosudarstvennogo prirodnogo zakaznika "Novosibirskie ostrova" [The materials of a complex ecological survey of sites that justify bringing in this area the legal status of specially protected natural area of federal significance - the state natural reserve "New Siberian Islands"]. WWF, 2015, 484 p. (in Russian).
6. Novosibirskie ostrova. Sbornik statej [New Siberian Islands. The collection of articles]. Pod red. G.L. Rutilevskogo i R.K. Sisko, 1963, 233 p. (in Russian).
7. Novosibirskie ostrova. Fiziko-geograficheskaya kharakteristika arkhipelaga [New Siberian Islands. Geographical characterictic of the archipelago]. Pod red. Ya.Ya. Gakkelya, 1967, 212 p. (in Russian).
8. Sovetskaya Arktika. Morya i ostrova Severnogo Ledovitogo okeana [Soviet Arctic. Seas and islands of the Arctic Ocean]. 1970, 526 p. (in Russian).
9. Antonova S., Kääb A., Heim B., Langer M., Boike J. Spatio-temporal variability of X band radar backscatter and coherence over the Lena River Delta, Siberia. Remote Sensing of Environment, 2016, No 182, pp. 169–191. DOI:10.1016/j.rse.2016.05.003.
10. Duguay C.K., Rouse W.R., Lafleur P.M., Boudreau L.D., Crevier Y., Pultz T.J. Analysis of Multi-Temporal ERS-1 SAR Data of Subarctic Tundra and Forest in the Northern Hudson Bay Lowland and Implications for Climate Studies. Canadian Journal of Remote Sensing, 1999, pp. 21–33. DOI: 10.1080/07038992.1999.10855260.
11. Pivot F. C-Band SAR imagery for snow-cover monitoring at Treeline, Churchill, Manitoba, Canada. Remote Sens., 2012, No 4, pp. 2133–2155. DOI:10.3390/rs4072133.
12. Regmi P., Grosse G., Jones M.C., Jones B.M., Walter A.K. Characterizing post-drainage succession in thermokarst lake basins on the Seward Peninsula, Alaska with TerraSAR-X backscatter and Landsat-based NDVI data. Remote Sens., 2012, 4, pp. 3741–3765. DOI:10.3390/rs4123741.
13. Wall J., Collingwood A., Treitz P. Monitoring surface moisture state in the Canadian High Arctic using synthetic aperture radar (SAR). Can. J. Remote Sensing, 2010, Vol. 36, Suppl. 1, pp. S124–S134. DOI: 10.5589/m10-017.
14. Widhalm B., Bartsch A., Heim B. A novel approach for the characterization of tundra wetland regions with C-band SAR satellite data. International Journal of Remote Sensing, 2015, 36:22, pp. 5537–5556. DOI: 10.1080/01431161.2015.1101505.

УДК 551.467 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-20-31

И.В. Еременко[1], Д.В. Дорофеева[2], В.А. Романюк[3], В.М. Пищальник[4]

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕДОВИТОСТИ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

АННОТАЦИЯ

По данным спутниковых наблюдений выполнено исследование изменчивости ледового режима Татарского пролива в целом и в его отдельных ледовых зонах за период времени с 1979 по 2016 г. Установлена тенденция снижения площади ледяного покрова как во всём проливе (на 10 %), так и в отдельных его зонах (до 5 %). Максимальная ледовитость наблюдалась в 1985 г., а самый малоледовитый ледовый сезон отмечался в 1991 г. В годовом ходе максимум ледовитости в Татарском проливе отмечается в феврале (48 %). За период исследований средняя продолжительность ледового сезона сократилась на 43 сут. Основной областью генерации льда в проливе является его северная ледовая зона, которая и отражает общую динамику ледовитости пролива. Из-за активного разрушения льда в струе Цусимского течения площадь ледяного покрова в зоне Т-3 минимальна. Анализ аномалий ледовитости относительно климатической нормы 1981–2010 гг. позволил выделить периоды преобладания их положительных (с 1979 по 2002 г.) и отрицательных (с 2003 по 2015 г.) значений. Согласно выполненной типизации зим по суровости ледовых условий преобладающими типами являются умеренные, а совпадения типов зим во всех ледовых зонах одновременно происходят только в 24 % случаев. Тип зимы в юго-западной и северной ледовых зонах в большинстве случаев определяет суровость зимы во всем проливе. За последнее десятилетие тип зимы «экстремально суровая» не прекратил свое существование, однако повторяемость таких зим заметно сократилась.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Татарский пролив, ледовитость, ледовый режим, типизация зим, аномалии ледовитости

ВВЕДЕНИЕ

Татарский пролив является важным районом рыболовного промысла, а также транспортной артерией, соединяющей о. Сахалин с материком. В проливе осуществляется круглогодичное судоходство на трассах из порта Ванино в порты западного побережья Сахалина, Приморья и Японии, а также транспортировка нефти из порта Де-Кастри в страны юго-восточной Азии. На акватории пролива имеются разведанные и перспективные месторождения нефти и газа.

В зимний период, помимо погодных условий, на безопасность выполнения морских операций влияет наличие ледяного покрова. Условия формирования льда в Японском море, расположенного на границе между материком и Тихим океаном зависят от специфики атмосферной циркуляции и морских течений. Основная масса льда Японского моря (90-95%) ге-

[1] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru
[2] ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Амурская, 53; *e-mail:* x-397-y@mail.ru
[3] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru
[4] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», 693000, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru

нерируется в Татарском проливе [Якунин и др., 2003]. Ледовый сезон длится с декабря по апрель, и только в отдельные годы небольшие скопления льда сохраняются до начала мая. Небольшая площадь пролива (107.5 тыс. км^2 [Якунин и др., 2003], его специфические физико-географические условия обусловливают характерные особенности формирования, трансформации и разрушения ледяного покрова. Преобладание ветров северных румбов над акваторией пролива обусловливает постоянный дрейф льда в южном и юго-западном направлениях, в результате чего происходит увеличение его толщины по мере продвижения на юг. Существенное влияние на разрушение ледяного покрова в южной части пролива оказывает отепляющее действие Цусимского течения [Якунин и др., 2003].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящее время основным источником получения информации о состоянии ледяного покрова служат данные дистанционного зондирования Земли. Важным преимуществом спутниковых съёмок является регулярность получения информации в реальном режиме времени.

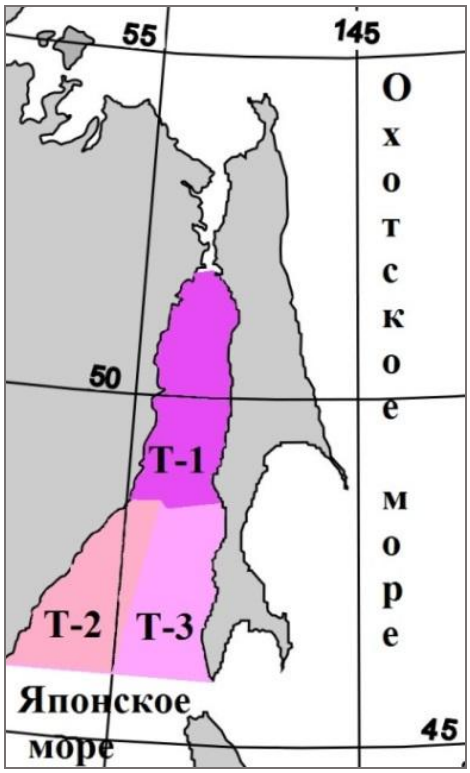


Рисунок 1. *Схема районирования Татарского пролива*
Figure 1. *Scheme of regionalization of the Tatar Strait*

Расчёт площади ледяного покрова производился на основе пентадных (раз в пять дней) цветокодированных карт-схем ледовых условий, представляемых Японским метеорологическим агентством [http://www.data.jma.go.jp], при помощи программного комплекса «ЛЁД», который был разработан в 2015 г. в Сахалинском государственном университете [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015660472 «Программный комплекс для расчёта площади ледяного покрова в Охотском и Японском морях по данным ДЗЗ ХПК «ЛЁД». Авторы: *Пищальник В.М., Бобков А.О., Романюк В.А.* Дата гос. регистрации в Росреестре программ для ЭВМ 01 октября 2015 г.]. Вычисление ледовитости (отноше-

ние площади, занятой льдом, к общей площади Татарского прол. в процентах) производилось путём усреднения её среднемесячных значений за ледовый сезон с декабря по апрель для всей акватории пролива и его ледовых зон (рисунок 1): северной Т-1 (42.4 км^2), юго-западной Т-2 (34.4 км^2) и юго-восточной Т-3 (30.7 тыс. км^2) [Минервин др., 2015]. На основе полученных данных были рассчитаны аномалии ледовитости относительно оперативной климатической нормы 1981-2010 гг. Анализ аномалий ледовитости проводился методом интегральных кривых, позволяющих выявить характерные закономерности её многолетней изменчивости [Гирс и др., 1978].

Классификация типов зим по суровости ледовых условий в выделенных ледовых зонах осуществлялась по значениям ледовитости на основе количественного критерия 0.8 σ, широко применяемого при оценке достоверности и эффективности долгосрочных гидрометеорологических прогнозов. Согласно разработанным критериям [Спичкин, 1987] значение 1.2 σ служит границей крупной положительной или отрицательной аномалии. В итоге с использованием диапазона 0.8 σ было выделено пять типов зим: экстремально суровая (≥1.2 σ), суровая, (от > 0.4 σ до <1.2 σ) умеренная (от 0.4 σ до -0.4 σ), мягкая (от <-0.4 σ до<-1.2 σ) и экстремально мягкая(≤-1.2 σ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что ледовитость Татарского прол. в целом уменьшилась на 10 % за период с 1979 по 2016 г. В выделенных зонах Татарского пролива также было зафиксировано общее снижение ледовитости: в северной величина её изменилась на 4 %, в юго-западной зоне – на 5 %, а в юго-восточной – менее чем на 1 % (рисунок 2).

Максимальные значения сезонной ледовитости зафиксированы в 1979 (40 %), 1985 (49 %) и 2001 гг. (38 %), минимальные – в 1991 (14 %), в 1981 и 2011 гг. по 22 % соответственно и в 2015 г. (20 %). Во всех ледовых зонах так же, как и в акватории пролива, максимальная ледовитость наблюдалась в 1985 г., а самый малоледовитый ледовый сезон (характерной особенностью которого явилось полное отсутствие ледяного покрова в южной части пролива) отмечался в 1991 г.

Такое перераспределение льда в массиве, по-видимому, можно объяснить смещением Охотского тропосферного циклона к северной части Татарского прол., что и обусловило высокую интенсивность поступления тепла на его акваторию [Цыпышева и др., 2016]. В годовом ходе максимум ледовитости в Татарском прол. отмечается в феврале (48%). В декабре её среднемесячные значения достигают 16%, в январе – 42%, в марте – 36%, а в апреле на стадии окончательного разрушения массива льда – 5%. Формирование ледяного покрова в проливе начинается с зоны Т-1 и приходится на заключительную декаду ноября. Дальнейшее образование льда отмечается в зоне Т-2 (третья декада декабря) и в последнюю очередь в зоне Т-3 (преимущественно в январе). Окончательное разрушение массива льда происходит в зоне Т-1 в конце апреля – начале мая (таблица 1).

Средняя продолжительность ледового сезона в Татарском проливе составляет 147 суток, что на 43 сут. меньше величины, установленной по средним многолетним данным с 1950 по 1992 г. [Якунин и др., 2003]. Наиболее продолжительный ледовый сезон отмечался в 1999 г. в зоне Т-1(181 сут.), в среднем же величина его для этой акватории составляет 149 сут. Самый непродолжительный сезон был зафиксирован в 1996 г. в зоне Т-3 и длился всего 33 сут. (среднее значение в этой зоне составляет 80 сут.) (таблица 1).

Для выявления степени взаимосвязи ледовитости всего Татарского пролива и его отдельных ледовых зон был выполнен корреляционный анализ (таблица 2). Наибольшие значения коэффициентов корреляции при 95% уровне значимости отмечаются между Татарским прол. в целом и его северной и юго-западной ледовыми зонами (0.90 и 0.91 соответственно). Минимальная взаимосвязь (0,55) отмечена для зон Т-3 и Т-1.

Основной областью генерации льда в проливе является его северная зона, которая и отражает общую динамику ледовитости пролива. Из-за активного разрушения льда в струе Цусимского течения площадь ледяного покрова в зоне Т-3 минимальна (в среднем за период наблюдений 0.9 тыс. км^2). По указанной выше причине в этой ледовой зоне отмечаются самые поздние сроки формирования льда и самые ранние сроки его разрушения. Следовательно, явные различия ледового режима, расположенные на одной широте юго-восточной и северо-западной ледовых зон, обусловлены прежде всего значительными различиями их температурного режима [Минервин и др., 2015].

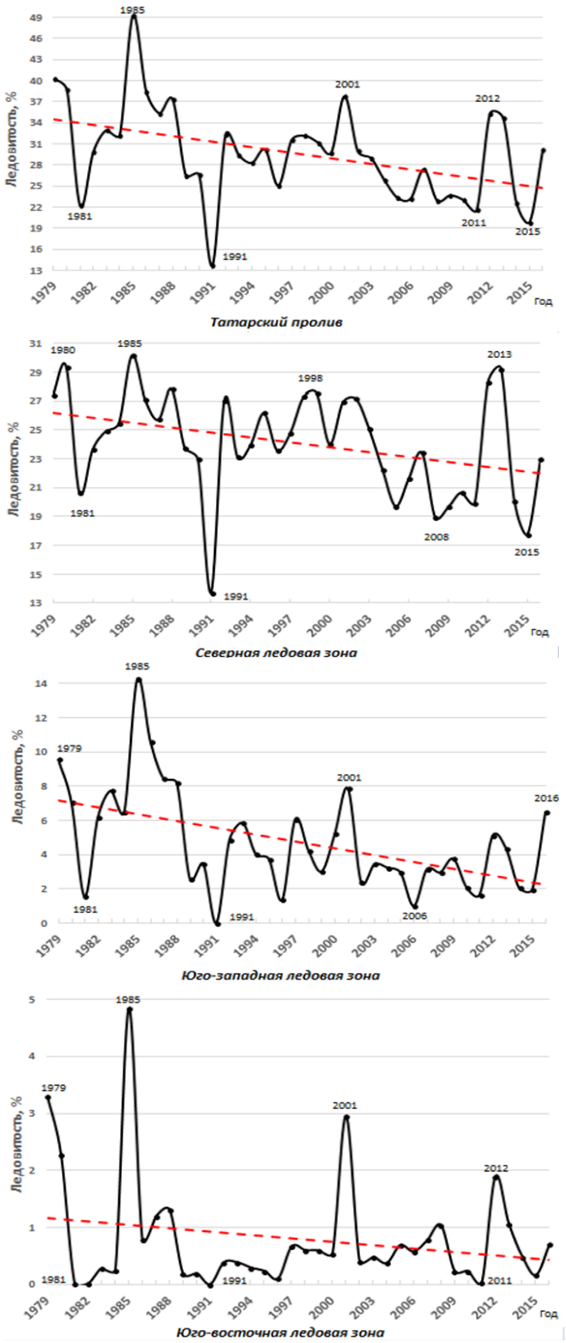


Рисунок 2. *Многолетние изменения ледовитости в Татарском проливе и в его отдельных ледовых зонах.*
Значимые на 95% уровне линейные тренды обозначены пунктирной линией
Figure 2. *Long-term changes in ice cover in the Tatar Strait and in its separate ice zones. Significant at 95% level, linear trends are indicated by dashed line*

Таблица 1. *Фазы развития ледяного покрова и продолжительность ледового сезона в выделенных зонах Татарского пролива*
Table 1. *The phases of the development of the ice cover and the duration of the ice season in the designated areas of the Tatar Strait*

Первое появление льда							
	ЭС*	С	У	М	ЭМ	Самое раннее	Самое позднее
Пролив	24.11	23.11	28.11	21.11	30.11	07.11.2016 г.	12.12.1997 г.
Т-1	22.11	24.11	29.11	20.11	30.11	07.11.2016 г.	12.12.1997 г.
Т-2	18.12	29.12	27.12	26.12	–	07.12.2004 г.	17.01.1996 г.
Т-3	26.12	25.12	06.01	20.01	–	13.12.2005 г.	28.02.1996 г.
Продолжительность ледового сезона (сут.)							
	ЭС	С	У	М	ЭМ	Мин.	Макс.
Пролив	158	157	143	142	134	108 (2002 г.)	181 (1999 г)
Т-1	166	148	144	143	142	108 (2002 г.)	181 (1999 г)
Т-2	109	96	90	94	0	69 (1996 г.)	116 (2004 г.)
Т-3	96	100	75	50	0	33 (1996 г.)	123 (2012 г.)
Очищение акватории							
	ЭС	С	У	М	ЭМ	Самое раннее	Самое позднее
Пролив	01.05	04.05	22.04	20.04	13.04	01.03.2002 г.	22.05.1999 г.
Т-1	07.05	27.04	22.04	20.04	21.04	01.03.2002 г.	22.05.1999 г.
Т-2	06.04	04.04	27.03	30.03	–	09.03.1989 г.	18.04.1988 г.
Т-3	01.04	04.04	22.03	11.04	–	10.02.2015 г.	17.04.1981 г.
*) *здесь и далее в таблицах и на рисунках типы зим: ЭС – экстремально суровая, С – суровая, У – умеренная, М – мягкая, ЭМ – экстремально мягкая*							

Таблица 2. *Коэффициенты корреляции ледовитости ледовых зон со всей акваторией Татарского пролива*
Table 2. *Correlation coefficients of ice cover of ice zones with the entire water area of the Tatar Strait*

Акватория	Пролив	Т-1	Т-2	Т-3
Пролив	1			
Т-1	0,91	1		
Т-2	0,90	0,66	1	
Т-3	0,77	0,55	0,72	1

На графиках аномалий ледовитости для всего Татарского прол. и его северной зоны (рисунок 3) отчётливо выделяются периоды преобладания положительных (с 1979 по 2002 г.) и отрицательных (с 2003 по 2015 гг.) её значений. Существенные различия в распределении аномалий ледовитости характерны для юго-западной зоны, здесь положительные аномалии преобладают с 1979 по 1988 г., а отрицательные – с 1989 по 2015 г.

В юго-восточной ледовой зоне за весь исследуемый период отмечено преобладание отрицательных аномалий ледовитости с проявлением в отдельные годы их положительных значений. Наглядное представление о пространственно-временном распределении типов зим в выделенных зонах даёт анализ календаря межгодовых колебаний ледовитости (таблица 3). Ледовые условия в различных зонах Татарского пролива имеют существенные различия. Совпадение типов зим во всех зонах происходит относительно редко и наблюдалось 9 раз за 38 лет наблюдений (24 %). В большинстве случае совпадение наблюдается для умеренных (1993, 1997, 2000, 2003 гг.) и мягких (1981, 2010, 2011 гг.) типов зим. В отдельных случаях оно происходит в суровые (1988 г.) и экстремально суровые (1985 г.) зимы.

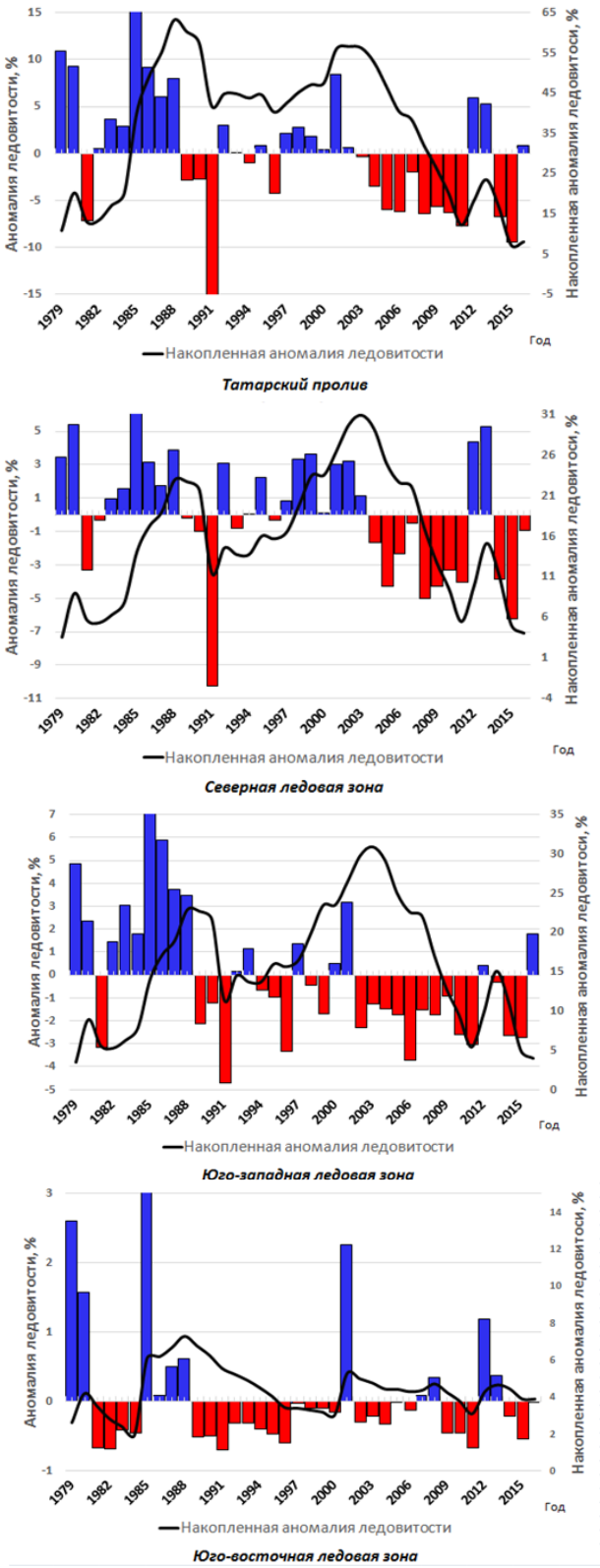


Рисунок 3. *Изменение аномалий ледовитости Татарского пролива и его ледовых зон, рассчитанных относительно оперативной климатической нормы 1981–2010 гг.*

Figure 3. *Change in the anomalies in the ice cover of the Tatar Strait and its ice zones, calculated with respect to the operational climate norm of 1981–2010*

Таблица 3. *Характеристика типов зим по суровости ледовых условий*)*
(средняя ледовитость за сезон, %)
Table 3. *Characteristics of the types of winters due to the severity of ice conditions*)*
*(average ice cover for the season,in per cent**)*

Годы	***Пролив в целом***	***Т-1***	***Т-2***	***Т-3***
1979	33,6	22,9	8,0	2,8
1980	32,3	24,5	5,9	1,9
1981	18,5	17,2	1,3	0,0
1982	24,9	19,7	5,1	0,0
1983	27,5	20,8	6,5	0,2
1984	26,9	21,3	5,4	0,2
1985	41,1	25,2	11,9	4,0
1986	32,1	22,6	8,8	0,7
1987	29,5	21,5	7,0	1,0
1988	31,1	23,2	6,8	1,1
1989	22,1	19,8	2,1	0,1
1990	22,2	19,2	2,9	0,2
1991	11,4	11,4	0,0	0,0
1992	26,9	22,6	4,1	0,3
1993	24,5	19,3	4,9	0,3
1994	23,6	20,0	3,3	0,2
1995	25,2	21,9	3,1	0,2
1996	20,9	19,7	1,1	0,1
1997	26,3	20,7	5,1	0,6
1998	26,8	22,8	3,5	0,5
1999	26,0	23,0	2,5	0,5
2000	24,8	20,1	4,3	0,4
2001	31,5	22,5	6,6	2,5
2002	25,0	22,7	2,0	0,3
2003	24,2	20,9	2,9	0,4
2004	21,6	18,6	2,7	0,3
2005	19,5	16,5	2,5	0,6
2006	19,4	18,1	0,8	0,5
2007	22,8	19,6	2,6	0,6
2008	19,1	15,8	2,5	0,9
2009	19,7	16,4	3,1	0,2
2010	19,2	17,3	1,7	0,2
2011	18,0	16,6	1,4	0,0
2012	29,4	23,6	4,3	1,6
2013	28,9	24,4	3,6	0,9
2014	18,9	16,8	1,7	0,4
2015	16,6	14,8	1,6	0,1
2016	25,2	19,2	5,4	0,6

**) – экстремально суровая, – суровая, – умеренная, – мягкая, – экстремально мягкая зима*

***) – extremely severe, – severe, – moderate, – soft, – extremely soft winter*

В сформированном ряду ледовитости пролива с 1979 по 2016 г. максимальная повторяемость суровых и экстремально суровых зим наблюдалась в период резкого повышения ледовитости в 1979-1988 гг. и в последующий период повышенной ледовитости 1997-2003 гг. преимущественно для северной ледовой зоны. Повторяемость мягких и экстремально мягких типов зим колебалась от 29 до 40 %, при этом установлено, что преобладание данного типа зим приходится на период понижения тенденции ледовитости (с 2004 по 2011 г.).

Необходимо отметить, что особенность, установленная для Охотского моря в работе [Пищальник и др., 2016] с выделением экстремально мягких зим как самостоятельного типа только с 1991 г., присуща и ледовому режиму Татарского прол. Кроме того, в отдельные годы в различных зонах пролива здесь также можно наблюдать одновременно все основные типы зим (кроме экстремальных), примером являются ледовые сезоны 1982, 1983, 1984, 1999 и 2002 гг.

Анализ типов зим по суровости ледовых условий (таблица 4) позволяет заключить, что с 1979 по 2016 г. типы зим в акватории Татарского прол. в целом распределились следующим образом: экстремально суровые – 5 %, суровые – 18 %, умеренные – 45 %, мягкие –11 % и экстремально мягкие – 3 %.

Таблица 4. *Типизация зим по суровости ледовых условий в Татарском проливе*
Table 4. *Types of winters by severity of ice conditions in the Tatar Strait*

Тип зимы	**Годы**
Экстремально суровый	1979, 1985
Суровый	1980, 1986, 1987, 1988, 2001, 2012, 2013
Умеренный	1982, 1983, 1984, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2002, 2003, 2007, 2016
Мягкий	1981, 1996, 2004, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2014, 2015
Экстремально мягкий	1991

Одной из особенностей в распределении типов зим по суровости ледовых условий в различных зонах Татарского пролива является отсутствие в зоне Т-3 экстремально мягких зим. Это связано с тем, что она является самой малоледовитой, значение её средней ледовитости не превышает 0.9 тыс. км^2 и границы интервала ледовитости для экстремально мягкого типа зим выходят за пределы возможных значений. В целом здесь преобладают умеренные типы зим (47 %), а мягкие типы составляют 37 %.

Ледовая зона Т-1 отличается максимальной суровостью, среди других зим в этой акватории на суровый тип приходится 37 %, что в сочетании с минимальным количеством (29 %) мягких и экстремально мягких типов зим и прочих равных условиях делает её самой ледовитой зоной Татарского прол. Особенности распределения типов зим в выделенных акваториях наглядно представлены на диаграммах (рисунок 4). При этом в отличие от акватории Охотского моря [Пищальник и др., 2016] за последнее десятилетие в Татарском проливе тип зимы «экстремально суровая» не прекратил своё существование, однако повторяемость таких зим заметно сократилась.

Наибольшее совпадение типов зим отмечено в проливе в целом и в его юго-западной (84%) и северной (79%) ледовых зонах (таблица 5). Для всего Татарского пролива и его юго-восточной ледовой зоны процент совпадений типов зим заметно ниже (68%), а наименьшее совпадение наблюдалось между северной и юго-восточной зонами (58%).

Другими словами, тип зимы в юго-западной и северной ледовых зонах в большинстве случаев определяет суровость зимы во всём проливе, что подтверждают данные корреляционной матрицы ледовитости исследуемых ледовых зон (таблица 2). Таким образом, площадь ледяного покрова во всём проливе не всегда служит репрезентативным показателем суровости типа зимы в составляющих его ледовых зонах.

Этот вывод особенно важно учитывать при оперативном обслуживании ледовой информацией судов, участвующих в зимней навигации и при разработке ледовых прогнозов. Выявленную особенность необходимо учесть при планировании дальнейших исследований: во-первых, нужно повысить точность вычисления площади льда путем учёта его сплочённости в массиве; во-вторых, решать вопрос о выборе дополнительного критерия для повышения надёжности определения типа зимы.

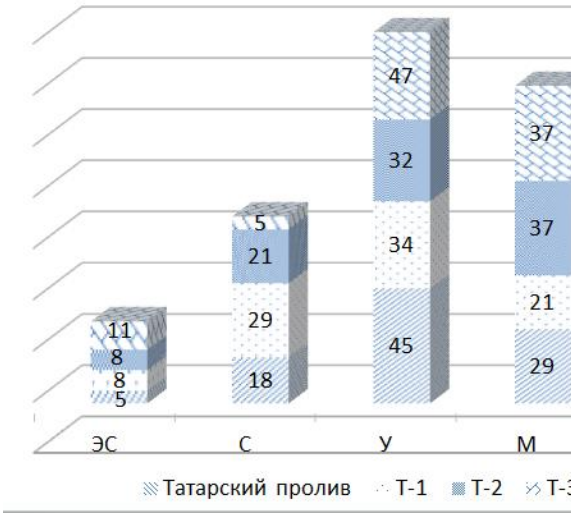


Рисунок 4. *Повторяемость типов зим в выделенных зонах Татарского пролива*
Figure 4. *Repeatability of types of winters in the selected areas of the Tatar Strait*

Таблица 5. *Повторяемость совпадений типов зим (%) между отдельными зонами Татарского пролива за период 1979-2016 гг.*
Table 5. *Repeated coincidences of winter types (in per cent) between individual zones of the Tatar Strait for the period of 1979-2016*

Акватория	**Пролив**	**Т-1**	**Т-2**	**Т-3**
Пролив	100			
Т-1	79	100		
Т-1	84	63	100	
Т-1	68	58	61	100

ВЫВОДЫ

1. В период с 1979 по 2016 г. ледовитость Татарского пролива сократилась на 10%. В северной ледовой зоне величина её изменилась на 4%, в юго-западной зоне – на 5%, а в юго-восточной – менее чем на 1%.

2. Средняя продолжительность ледового сезона за исследуемый период в Татарском проливе составила 147 сут., что на 43 сут. меньше относительно расчётной величины

для климатической нормы 1961–1990 гг. Наиболее продолжительный ледовый сезон (181 сут.) был отмечен в северной ледовой зоне, а самый минимальный (33 сут.) – в юго-восточной.

3. Анализ аномалий ледовитости Татарского прол. в целом и его северной зоны относительно оперативной климатической нормы 1981–2010 гг. выявил продолжительные периоды преобладания положительных аномалий с 1979 по 2002 г. и отрицательных – с 2003 по 2015 г. Коэффициент корреляции ледовитости в этих зонах равен 0.91. В юго-западной зоне преобладание положительных аномалий отмечено с 1979 по 1988 г., отрицательных – с 1989 по 2015 г. В юго-восточной зоне за весь исследуемый период преобладали отрицательные аномалии ледовитости.

4. Результаты анализа типизации зим по суровости ледовых условий показали, что умеренные зимы являются преобладающими в проливе. Характер развития ледовых условий в границах исследуемых ледовых зон в течение одного ледового сезона может существенно различаться. Совпадение суровости ледовых условий во всех ледовых зонах одновременно происходит редко и отмечается в 24 % случаев.

5. Существенные различия ледового режима в выделенных ледовых зонах и на акватории Татарского прол. в целом, современный уровень знаний и объём накопленной исторической информации позволяют заключить, что, опираясь на данные ДЗЗ, дальнейшее направление исследований ледового режима и разработку прогнозов целесообразно выполнять с учётом районирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гирс А.А., Кондратович К.В.* Методы долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: ГМИ, 1978. – 344 с.
2. Границы океанов и морей. – № 9031б, СПб: GUNiO МО, 2000, С. 127–137.
3. *Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А.* Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН, 2015. – Т. 85. – № 1. – С. 24–32.
4. *Пищальник В.М. , Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.А.* Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 185. – С. 228–239.
5. *Плотников В.В. Якунин Л.П., Петров В.А.* Ледовые условия и методы их прогнозирования // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – С. 291–340.
6. *Спичкин В.А.* Определение критерия крупной аномалии // Тр. ААНИИ. – 1987. – Т 402. – С. 15–20.
7. *Цыпышева И.Л., Муктепавел Л.С., Цициашвили Г.Ш. , Шатилина Т.А., Радченкова Т.В.* Особенности изменчивости ледовитости в Татарском проливе (Японское море) в связи с региональной атмосферной циркуляцией // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 184. – С. 135–149.
8. *Якунин Л.П., Плотников В.В., Петров А.Г.* Ледовые условия // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. – Т. VIII. Японское море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2003. – С. 347–394.

Irina V. Eremenko[1], Daria V. Dorofeeva[2], Valeriy A. Romanyuk[3], Vladimir M. Pishchal'nik[4]

RESEARCH OF CHANGES IN THE ICE COVER OF THE TATAR STRAIT BASED ON DATA OF REMOTE SENSING OF THE EARTH

ABSTRACT

According to the data of satellite observations, the variability of the ice behavior of the whole Tatar Strait and its separate regions for the period of 1979–2016 has been researched. The tendency of decrease of the ice cover area both in the whole strait (10 %) and in its individual zones (up to 5 %) has been defined. The maximum ice extention in the water areas was observed in 1985, and the smallest ice season was recorded in 1991. In the annual course, the maximum ice cover in the Tatar Strait was observed in February (48 %). During the research period, the average duration of the ice season was reduced by 43 days. The main area of ice formation in the strait is its northern zone, which reflects the general dynamics of the ice extent of the strait. Due to the active destruction of ice in the stream of the Tsushima Flow, the area of the ice cover in the T-3 zone is minimal. Analysis of the anomalies of ice cover according to the climate norm of 1981–2010 allowed distinguishing the periods of prevalence of their positive (from 1979 to 2002) and negative (from 2003 to 2015) values. According to the completed winter typing by severity of ice conditions, the predominant types are middle types, and coincidence of winter types in all ice zones occurs simultaneously only in 24 % of cases. The type of winter in the southwestern and northern ice zones in most cases determines the severity of winter throughout the strait. Over the latest ten years extremely severe type of winter have persisted in the Tatar Strait, but the frequency of such winters has decreased noticeably.

KEYWORDS:

the Tatar Strait, ice cover, ice regime, winter typing, anomalies of ice cover

REFERENCES

1. Girs A.A., Kondratovich K.V. Metody dolgosrochnyh prognozov pogody [Methods of long-term weather forecasts], Leningrad: GMI, 1978, 344 p. (in Russian).
2. Granici okeanov i morei [Borders of the oceans and seas]. No 9031б, St. Petersburg: GUNiO MO, 2000, pp. 127–137 (in Russian).
3. Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pishchal'nik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A., Raionirovanie ledyanogo pokrova Ohotskogo i Yaponskogo morei [Zoning of the ice cover of the Okhotsk and Japan seas], Vestnik RAN, 2015, T. 85, No 1, pp. 24–32 (in Russian).
4. Pishchal'nik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batuhtina A.S., Analiz dinamiki anomalii ledovitosti Ohotskogo morya v period s 1882 po 2015 gg. [Analysis of the dynamics of anomalies in the ice cover of the Sea of Okhotsk between 1882 and 2015], Izv. TINRO, 2016, T. 185, pp. 228–239 (in Russian).
5. Plotnikov V.V., Yakunin L.P., Petrov V.A., Ledovie usloviya i metodi ih prognozirovaniya [Ice conditions and methods for predicting them], Proekt «Morya». Gidrologiya i gidrohimiya morei. Tom IX. Ohotskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).

[1] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru
[2] RN-SakhalinNIPImorneft; Amurskaya st 53, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* x-397-y@mail.ru,
[3] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru
[4] Sakhalin State University; Lenin st 290, Yuzhno-Sakhalinsk, 693000, Russia; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru.

6. Spichkin V.A., Opredelenie kriteriya krupnoy anomalii [Determination of the criterion of a large anomaly], Tr. AANII, 1987, T 402, pp. 15–20 (in Russian).
7. Tsipisheva I.L., Muktepavel L.S., Ciciashvili G.Sh., Shatilina T.A., Radchenkova T.V., Osobennosti izmenchivosti ledovitosti v Tatarskom prolive (Yaponskoe more) v svyazi s regionalnoi atmosfernoi cirkulyaciei [Features of variability of ice cover in the Tatar Strait (Sea of Japan) in connection with regional atmospheric circulation], Izv. TINRO, 2016, T. 184, pp. 135–149 (in Russian).
8. Yakunin L.P., Plotnikov V.V., Petrov A.G., Ledovie usloviya. Proekt «Morya». Gidrologiya i gidrohimiya morei, Tom VIII. Japonskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya, St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).

УДК 711:528.711(470.43) DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-31-46

И.А. Рыльский[1], И.В. Калинкин[2]

СРАВНЕНИЕ ПРИГОДНОСТИ ДАННЫХ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И АЭРОФОТОСЪЁМКИ С БПЛА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РАБОТ

АННОТАЦИЯ

Широкое распространение инновационных методов съёмки очень сильно изменило подходы к информационному обеспечению работ по проектированию. В настоящее время одновременно несколько методов – воздушное лазерное сканирование, цифровая фотосъёмка с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с последующим автоматизированным построением 3Д-точек – претендуют на роль наиболее оптимального источника данных для ГИС и проектирования. Однако эти материалы не являются похожими друг на друга ни по точности, ни по подробности.

Воздушное сканирование в основном проводится с использованием пилотируемых носителей. Данные воздушного сканирования отличаются высокой точностью, возможностью ведения съёмки рельефа под пологом растительности, металлических конструкций, мачт. Данные съёмок с БПЛА в основном представлены материалами аэрофотосъёмки, выполняемой кадровыми камерами. Далее эти снимки обрабатываются с помощью средств программной автоматической генерации 3Д-точек, используемых как для создания модели рельефа (поверхности), так и для создания ортофотопланов.

Эти материалы традиционно используются для создания производных картографических материалов. Лазерное сканирование уже очень давно используется для обеспечения проектной деятельности. В последнее время наблюдаются попытки использовать для этой цели и данные трёхмерной обработки фотосъёмок с БПЛА.

В ходе сравнения материалов этих двух видов съёмок, проводившихся на идентичных территориях в одно и то же время, были получены наборы данных, позволяющие оценить особенности данных, получаемых каждым из методов. По результатам сравнений данных обработки снимков БПЛА с данными лазерного сканирования можно сделать вывод, что материалы обработки фотоданных, полученных с БПЛА, существенно проигрывают в полноте и качестве данным лазерного сканирования.

---

[1] Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* rilskiy@mail.ru
[2] Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* ilyakl@yandex.ru

В статье рассмотрены отличия этих материалов и сделаны предположения о природе этих отличий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

LIDAR, лидар, воздушное лазерное сканирование, беспилотный летательный аппарат (БПЛА), аэрофотосъёмка

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отрасль картографии и дистанционного зондирования переживает бурный подъём, связанный с развитием ряда ключевых технологий сбора и обработки пространственных данных. Среди прочих отметим следующие:

- технологии лазерного сканирования (воздушное, мобильное, наземное);
- технологии различных видов съёмок с БПЛА (в основном пассивные съёмки);
- ГНСС-ИНС технологии позиционирования съёмочного сенсора.

Упомянутые технологии за последние 15 лет фактически произвели революцию в точности, скорости и стоимости сбора пространственных данных [Schwarz, 2010].

ГНСС-ИНС технологии с использованием волоконно-оптических гироскопов и акселерометров (позднее – и MEMS-решения) позволили решить задачу определения линейных и угловых параметров ориентации сенсоров (и носителей) в пространстве, а также принципиально повысили точность навигации. Лазерные сенсоры позволили достигать точностей однократных (без стереометодов) измерений дальности на уровне от долей миллиметров (для наземного сканирование) до первых сантиметров (воздушное лазерное сканирование). Беспилотные аппараты в настоящее время существенно снизили минимальный объем съёмки и стоимости налета.

Однако в ряде случаев одна и та же ниша на рынке услуг, ранее безраздельно принадлежавшая одной из технологий (например, геодезии или космическим съёмкам), становится объектом конкурентной борьбы нескольких одновременно развивающихся инновационных технологий. Это неизбежно вызывает необходимость сравнения характеристик и особенностей итоговых результатов, полученных разными технологиями при решении одной и той же задачи.

Одним из подобных примеров «технологического противостояния» является борьба технологии воздушного лазерного сканирования с пилотируемых носителей и технологии аэрофотосъёмки с БПЛА легкого и среднего классов при решении задач информационного обеспечения проектных работ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Воздушное лазерное сканирование

В конце 1990-х годов в области методов получения картографических материалов высокой детальности (масштаб 1: 5 000 и крупнее) произошли серьёзные перемены. Они были вызваны появлением новых методов дистанционного зондирования Земли с использованием импульсных лазеров. Вместо классической аэрофотосъёмки потребителям картографической информации была предложена высокоточная лазерно-локационная съёмка в сочетании с цифровой аэрофотосъёмкой [Kumar, 2014]. Последний вид съёмки в дальнейшем будем именовать «воздушное лазерное сканирование», или ВЛС, что будет подразумевать использование тандема «лазер + фото», поскольку лазерная съёмка без аэрофотосъёмки применяется редко.

Постепенное распространение данного метода в мире и прогресс в области создания цифровых камер и лазерных сканеров [Wehr, 1999] привели к эволюции точности и подробности получаемых по этим материалам данных – от 1: 5 000 в конце 1990-х до 1: 500 к началу 2015 г.

Лазерное сканирование является разновидностью активной съёмки. Установленный на авианосителе (самолёте, вертолёте) полупроводниковый лазер (работающий в импульсном режиме) проводит дискретное сканирование поверхности Земли и объектов, расположенных на ней, регистрируя направление лазерного луча и время прохождения луча (см. рисунок 1).

Таким образом, удаётся однозначно локализовать в пространстве точку (точки, если отражений было много), от которой отразился лазерный луч. Текущее положение лазерного сканера определяется с помощью высокоточного спутникового приёмника, работающего в дифференциальном режиме совместно с инерциальной системой. Зная углы разворота и относительные смещения между компонентами описанной системы, можно однозначно определить абсолютные координаты каждой точки лазерного отражения в пространстве.

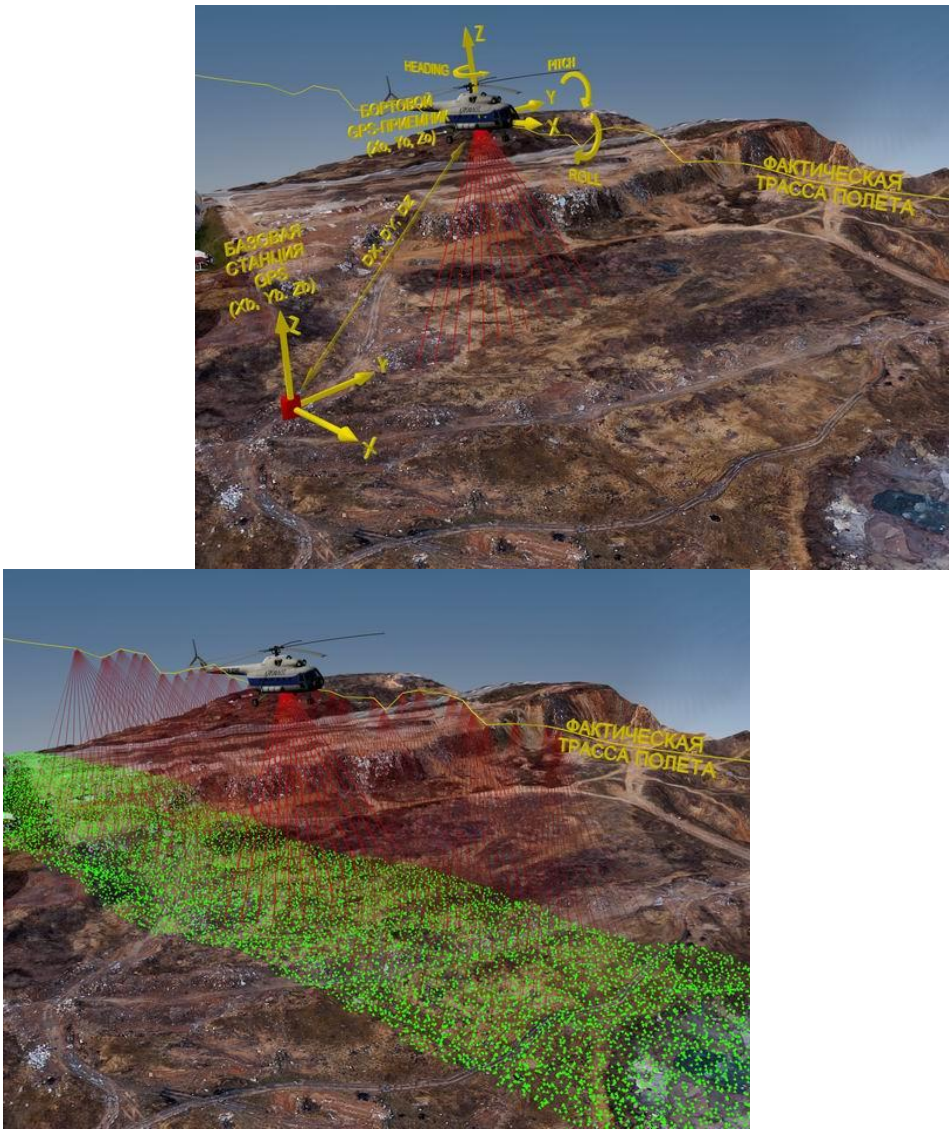


Рисунок 1. *Принципы лазерного сканирования с воздуха*
Figure 1. *Principles of airborne laser scanning*

Поскольку лазерный сканер испускает сотни тысяч импульсов в секунду («качая» луч из стороны в сторону и смещаясь вместе с носителем (скажем, вертолетом)), то территория съёмки оказывается покрыта множеством точек лазерных отражений, для каждого из которых известны координаты, интенсивность, а также порядок отражения: было ли это первое

отражение – от самого высокого объекта в данной точке или последнее – от земли или здания [Blaschke, 2004]. Данные, получаемые в результате совместной обработки лазерной альтиметрии, данных инерциальной системы и приёмников GPS-ГЛОНАСС, представляют собой массив нерегулярно расположенных точек, для которых известны пространственные координаты, интенсивность отражённого сигнала и ряд дополнительных параметров.

Одновременно с лазерным сканированием ведётся аэрофотографирование поверхности земли с использованием цифровой камеры, регистрирующей излучение в видимом, инфракрасном либо тепловом или ИК диапазоне электромагнитного излучения. Аэрофотоснимки регистрируются на бортовом носителе. Наличие точных меток времени позволяет определить элементы внешнего ориентирования камеры и осуществить привязку снимка и коррекцию ошибок за рельеф, за наклоны, кривизну Земли и т.п. Исправленные ортоизображения сливаются в единую бесшовную мозаику. В результате же автоматизированной обработки точек отражений производится высокоточная цифровая модель рельефа (ЦМР) территории.

Что видно на этих данных? Производительность систем ВЛС не уступает обычной съёмке в видимом или ИК-диапазонах. При этом пользователь в любом случае получает многозональные фотоматериалы наравне с данными лазерного сканирования, по цене существенно не превосходящей цену обычной съёмки. Однако значимость этих данных гораздо выше, чем у данных классической аэрофото- или космической съёмки.

Кроме воздушного лазерного сканирования ни один из применяющихся на сегодняшний день методов в дистанционном зондировании земли не обладает одновременной возможностью получать и видимую поверхность крон (рисунок 2), и поверхность рельефа [Burnett, 2003]. Действительно, оптико-электронное наблюдение даёт нам информацию о видимой поверхности (кроны), оставляя рельеф невидимым. Радарная съёмка – либо рельеф, либо видимую поверхность (в зависимости от длины волны). Только воздушное лазерное сканирование сочетает в себе лучшие черты каждого из методов, обладая при этом субдециметровыми точностями измерения высоты. Именно благодаря этому свойству воздушное лазерное сканирование – один из немногих методов, позволяющих получить точные геометрические параметры объектов, используя прямые измерения [Tiede, 2005].

На данных лазерного сканирования видны в 3D висячие объекты – такие, как провода, висячие конструкции и тонкие конструктивные элементы (столбы, балки, проч.).

Наличие информации о рельефе и наземных объектах непосредственно в 3D позволяет автоматически получать относительные высоты деревьев [Zimble, 2003] и зданий, определять расстояния от проводов до объектов, строить профили с учётом надземных объектов – всё это делается без полевых работ, только по данным воздушного лазерного сканирования.

В зависимости от плотности лазерного сканирования определяются соответствия масштабу съёмки. Обычно для съёмки под 1: 5 000 применяется плотность около 1 точки на м^2, 1: 2 000 – 2 точки на 1 м^2, под 1:1 000 – 4–6 точек на м^2, а под 1: 500 – 10–20 точек на м^2. Аэрофотосъёмка при этом ведётся под разрешение 30, 20, 12 и 6 см соответственно.

При обработке данных ВЛС форма и геометрия объектов получается с данных лазерного сканирования, а атрибутивные характеристики и контура объектов, не выражающихся в рельефе (например, разметка дороги) наносятся по результатам сопровождающей ВЛС аэрофотосъёмки.

На материалах с плотностью 4 т/м^2 (под 1:1000) легко отличимы в 3D-режиме (то есть просто по форме, без спектральных признаков) здания, поверхность грунта, кроны лиственных и хвойных деревьев с учётом наиболее высоких точек дерева (рисунок 2).

Подводя итоги описанию методов воздушного лазерного сканирования, ещё раз отметим ключевые особенности технологии:

- пригодность для картографирования в масштабах 1:500-1:5000;
- проницаемость для съёмки растительности;

- возможность съёмки висячих конструкций;
- ведение параллельно не только лазерного сканирования, но и высокодетальной аэрофотосъёмки специализированными среднеформатными камерами с аппаратным определением элементов внешнего ориентирования, достаточными для геопривязки данных с точностями на уровне 1: 500–1: 5 000;
- средний или значительный вес съёмочной системы – от 8 до 120 кг, что, как правило, подразумевает необходимость использования пилотируемого носителя.

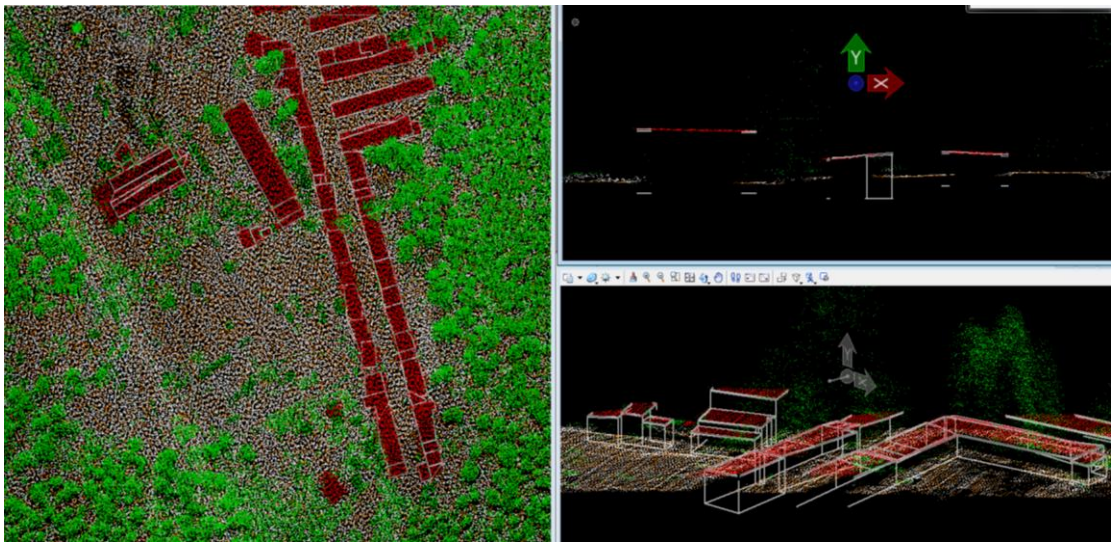


Рисунок 2. *Пример лазерного сканирования с плотностью 4 точки/м* ^{2}
Figure 2. *Example of LIDAR data with a density of 4 pts/m* ^{2}

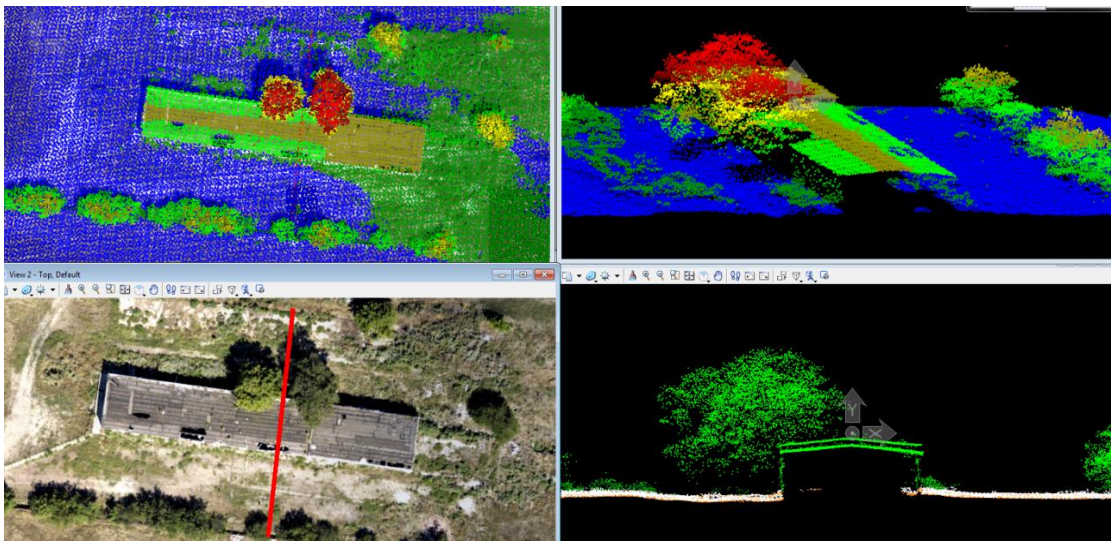


Рисунок 3. *Пример лазерного сканирования с плотностью 12 точек/м* ^{2}
Figure 3. *Example of LIDAR data with a density of 12 pts/m* ^{2}

<u>Аэрофотосъёмка с БПЛА</u>

Говоря о рынке съемок с использованием БПЛА, уточним сразу, что мы ведём речь исключительно о рынке РФ, с присущими ему рыночными, административными, логистическими и климатическими особенностями.

В силу ряда причин в РФ (как, впрочем, и в большинстве прочих стран) использование тяжёлых (взлетная масса более 30 кг) БПЛА в коммерческих целях затруднено – по со-

ображениям безопасности, стоимости и организационным причинам. Подавляющая масса БПЛА относится к классу лёгких и/или средних с полезной нагрузкой до 3–4 кг и весьма незначительным радиусом полёта; рыночные особенности ограничивают стоимость съёмочного комплекта БПЛА цифрой до 5 000 000 рублей. Эти особенности определяют:

- дальность – незначительная, ввиду низкой энерговооружённости и необходимости осуществлять посадку либо вертикально, либо «вскользь», либо на парашюте;
- полезную нагрузку – в подавляющем большинстве случаев это пассивные RGB-камеры (в худшем случае – видеокамеры, в лучшем – полупрофессиональные фотоаппараты с матрицей до 24x35 и разрешением до 50 мегапикселов). Высокоточные инерциальные системы и лазерные сканеры не ставятся на подобные носители в силу высокой стоимости, значительной массы и ограниченных энергомассовых возможностей БПЛА. Исключения из данного правила единичны и носят некоммерческий, экспериментальный характер.
- уровень безопасности полётов – как правило, стоимость и масса БПЛА не позволяют поставить высоконадёжные системы, обеспечивающие гарантированную связь с аппаратом, автопилотирование в неблагоприятных климатических и радиочастотных условиях, диспетчеризировать полёт, а также выполнить гарантированно и безопасно взлёт и посадку в течение всего жизненного цикла функционирования сенсоров (для лазерных сканеров – около 2 000 часов работы и 8–10 лет непрерывной эксплуатации). Это ведёт к тому, что пользователи банально опасаются ставить дорогие сенсоры (тяжёлые камеры, лазерные сканеры, гиперспектральные сенсоры и т.п. на БПЛА бюджетного класса или БПЛА как таковые, отдавая предпочтение пилотируемым носителям).

Таким образом, на 2017 г., говоря о рынке съёмок с БПЛА, мы можем говорить фактически о следующих особенностях данной технологии:

- возможность съёмок для создания ортофотопланов с детальностью 1: 500-1: 5 000;
- использование исключительно пассивных сенсоров, работающих в видимом и (редко) в ближнем ИК-диапазоне;
- незначительная дальность полета и производительность съёмки;
- невозможность установки точных ГНСС-ИНС систем на аппараты бюджетного класса (как следствие – практически полное отсутствие подобных систем на БПЛА в РФ);
- низкая стоимость подобной системы при покупке.

Об исключениях из правил

Конечно, нам известно и о существовании исключений из указанных правил:

- лёгкие воздушные лазерные сканеры: например Riegl VUX SYS или Riegl MiniVUX – данные системы имеют возможность работы с высот до 600 метров, обладают производительностью, близкой к топовым системам 5-летней давности, и массой 8 и 6 кг соответственно. Однако данная масса и стоимость систем (сотни тысяч евро) пока не позволили поставить ни один данный прибор на БПЛА.
- гиперспектральные и многозональные пассивные сенсоры для БПЛА – обладают средней стоимостью (до нескольких десятков тысяч рублей) и массой (менее 1 кг), однако обладают низкой детальностью, охватом и – как следствие – производительностью. Обычно используются в экспериментальных или научных целях ограниченным кругом пользователей в РФ.

Поскольку общее количество вышеперечисленных систем на рынке РФ очень мало и их услуги не имеют широкого коммерческого применения, мы исключим их из данного сравнения.

О том, что нужно при проектировании

Практика картографического обеспечения проектно-изыскательских работ в РФ имеет ряд особенностей, не характерных для кадастровых, экологических, тематических задач. Отметим среди них:

- жёсткие требования к точности съёмки и отображения рельефа. Помимо высоких точностей (до 8 см по высоте для топопланов 1:500 с сечением 0.25 м) по высоте, в структуре ЦМР необходимо отображать линии перегибов склона (бровки, подошвы откосов), тальвеги, характерные точки рельефа (особенно на резких перегибах);
- для работ в населённых пунктах под масштабы 1: 1 000 и 1: 500 необходимо отображать значительное количество тонких (столбы, столбики) или висячих конструкций и их параметров (провода, расстояния от них до земли);
- необходимость картографирования с одинаковой полнотой как открытых, так и покрытых растительностью или затенённых конструкциями участков местности.

Постановка задачи

Принимая во внимание вышесказанное, было решено выполнить оценку разницы в качестве итоговых данных, которые могут быть получены при работе с использованием как методов лазерного сканирования + АФС с использованием пилотируемого носителя, так и сенсоров, снимающих с БПЛА.

Поскольку необходимых для данной работы в нужном ассортименте БПЛА не имелось, на ряд объектов были выполнены дублирующие полёты – один раз съёмка велась с использованием ВЛС+АФС, другой раз – просто фотокамерой (с фиксацией центров с использованием ГНСС геодезического класса).

Лазерная сканирующая система, использованная в данном проекте, является в целом довольно старой. Это Riegl Q560, обеспечивающий скорость работы до 240 000 точек в секунду, возможность работы на высотах до 1500 м, оборудованный инерциальной системой AeroCONTROL с точностью угловых измерений до 0.005 углового градуса, 2-частотным GPS-ГЛОНАСС модулем и специализированной цифровой среднеформатной аэрофотокамерой IGI, 39 мегапикселов, фокусное расстояние 50 мм.

В качестве сенсоров-эмуляторов БПЛА съёмки использовались:

- IGI 39 мегапикселов; 37x49 мм размер матрицы; съёмки с высоты 300 м, 250 м, с измерением координат центров; разрешение 4 см.
- NIKON D800; 36 мегапикселов, 24x35 мм размер матрицы; съёмки с высоты 300 м, 250 м. , с измерением координат центров; разрешение 5-6 см, широкоугольный объектив.
- SONY RX1R; 24 мегапиксела, 24x35 мм размер матрицы; съёмки с высоты 300 м, с измерением координат центров; разрешение 7-8 см, широкоугольный объектив.
- встроенная камера DJI Phantom 4; съёмки с высоты 50-70 м, без измерения координат центров; разрешение 3-4 см, широкоугольный объектив.

Ожидаемая точность высотной модели, исходя из соотношения «высота-базис» и разрешения снимков, составила около 12 см для среднеформатной камеры, около 12–15 см для Nikon и Sony, около 10 см – для DJI. Среднеквадратическая погрешность при уравнивании и измерении на контрольных точках в целом подтверждают подобную точность. Все вышеперечисленные значения укладываются в требования, предъявляемые топопланам 1: 500 с сечением рельефа 0.5 м.

Съёмки лазерным сканером велись с высоты 450 м, что обеспечивает возможность работы с точностью, удовлетворяющей требования масштаба 1: 500 согласно требованиям СНиП 11-02-96. Оценка точности по контрольным точкам дает нам ожидаемую высотную точность данных на уровне 8–10 см. Данные также удовлетворяют требованиям 1: 500.

Все материалы фотограмметрической обработки проходили оценку по точности уравнивания с использованием данных о центрах координат, контрольных точек (от 12 до 28 штук на объект).

Данные лазерного сканирования проверялись похожим образом (оценка точности расчёта траектории, взаимное различие залётов в точках лазерных отражений, соответствие контрольных точек данным лазерного сканирования). Аппаратура воздушного лазерного сканирования прошла поверку на полигоне ВНИИФТРИ в 2016 г., её точностные характеристики подтверждены соответствующим сертификатом (высотная точность измерений – лучше 5 см, плановая – лучше 8 см).

Были проведены сравнительные съёмки по результатам сравнения с контрольными точками на каждом из объектов.

Контрольные точки маркировались знаком «крест», центр креста определялся методом статических измерений от базовых станций, оценочная точность позиционирования центра – лучше 3 см. Во всех случаях система координат и высот – WGS84, эллипсоидальная. Координаты базовых станций определялись методом PPP в статике 8 часов; при вычислении центров координат фото и траекторного решения для лазера использовались одни и те же координаты станций.

Для сравнения этих разнородных по своей сути материалов съёмки было принято решение использовать в первую очередь облака трёхмерных точек. Действительно, при фотограмметрической обработке в автоматизированном режиме (с использованием корреляционных методов) в первую очередь практически любое программное обеспечение получает облако точек (координаты которых определены стереофотограмметрическим методом), и только потом данное облако уже фильтруется, используется для создания ЦМР (которая в свою очередь используется для создания ортофото и т.д.). При выполнении лазерного сканирования пользователь в первую очередь получает аналогичное облако точек (и аналогично его использует) с той только разницей, что данное облако получается не стереофотограмметрическим методом, а методом прямого измерения дальности и элементов внешнего ориентирования сенсора.

При этом для обоих методов характерно, что при наличии локальных или систематических ошибок в облаке точек методы решения данных проблем (и масштаб проблем) в целом идентичны. Поэтому мы считаем допустимым при сравнении использовать различия в форме облаков точек, полученных разными методами.

Используемое программное обеспечение

Для обработки данных воздушного лазерного сканирования были использованы как комплект программного обеспечения, прилагающийся для низкоуровневой обработки данных сканеров Riegl (Riprocess, Grafnav, Aerooffice), так и комплект TerraSolid (под Microstation) для дальнейшей обработки и анализа точек лазерных отражений. Качество измерения координат и степень полноты данных определяются в целом не программным обеспечением, а аппаратными характеристиками воздушного лазерного сканера и блока ИНС-ГНСС навигации.

В отличие от лазерного сканирования при фотограмметрической обработке снимков программное обеспечение может достаточно сильно влиять на качество и полноту распознаваемых коррелятором данных и точность их геопозиционирования.

Ранее уже выполнялись исследования в области наиболее пригодного для целей фотограмметрической обработки программного обеспечения. В поле зрения компании попали такие программные продукты, как UASMaster, Agisoft Photoscan, OpticalScape и ряд других.

В основной массе подрядчиков, представленных в РФ и использующих съёмки с БПЛА, наиболее распространенным ПО для обработки является AgiSoft PhotoScan. Данное ПО достаточно недорого, дает внешне неплохой результат в части формирования облаков точек и ЦМР и имеет вполне дружественный интерфейс. В то же время используемые подходы для решения классических фотограмметрических задач в данном ПО отличаются от принятых в таких продуктах, как Photomod или Inpho. Однако в основном по причине цены и сложности освоения рядовой пользователь БПЛА практически никогда не может позволить себе купить

столь дорогостоящие продукты и использует наиболее простой путь – либо использует ПО, идущее в комплекте с БПЛА (если он зарубежный), либо покупает решение от Agisoft. Впрочем, идеологические подходы к фотограмметрическим задачам у UASMaster или OpticalScape схожи с Agisoft и мало напоминают строгие подходы к фотограмметрии, используемые, скажем, в Inpho.

Принимая во внимание вышесказанное, было принято решение при обработке данных, эмулирующих БПЛА съёмку, использовать для обработки AgiSoft Photoscan (далее – просто Agisoft).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Лазерное сканирование против АФС с БПЛА: среднеформатная камера:

Красным цветом показаны точки, полученные фотограмметрическим методом, белым – данные воздушного лазерного сканирования.

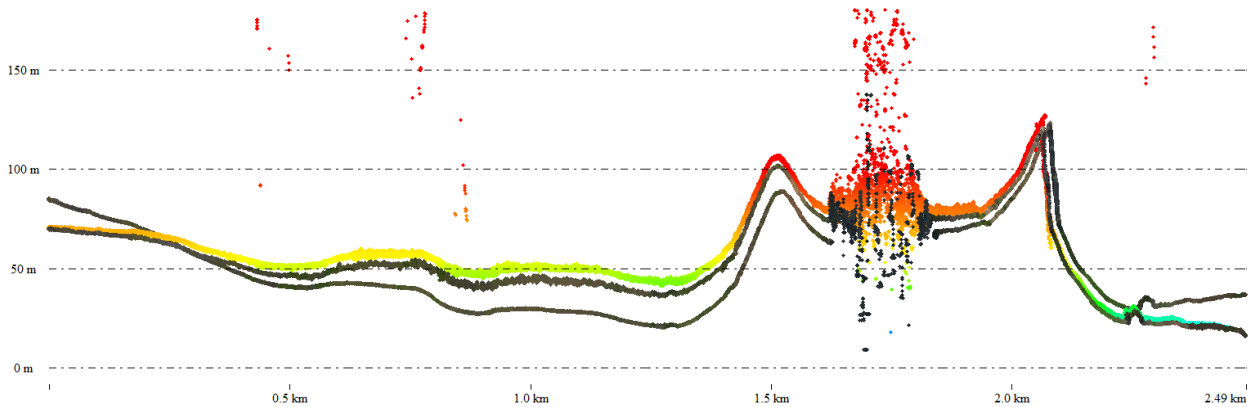


Рисунок 4. *Пример обработки одного и того же блока данных с использованием различных программных продуктов (UASMaster, AGIsoft Photoscan, OpticalScape)*

Figure 4. *Profiles of 3D pointcloud formed in different software solutions (using photogrammetric methods for processing the same block of images)*

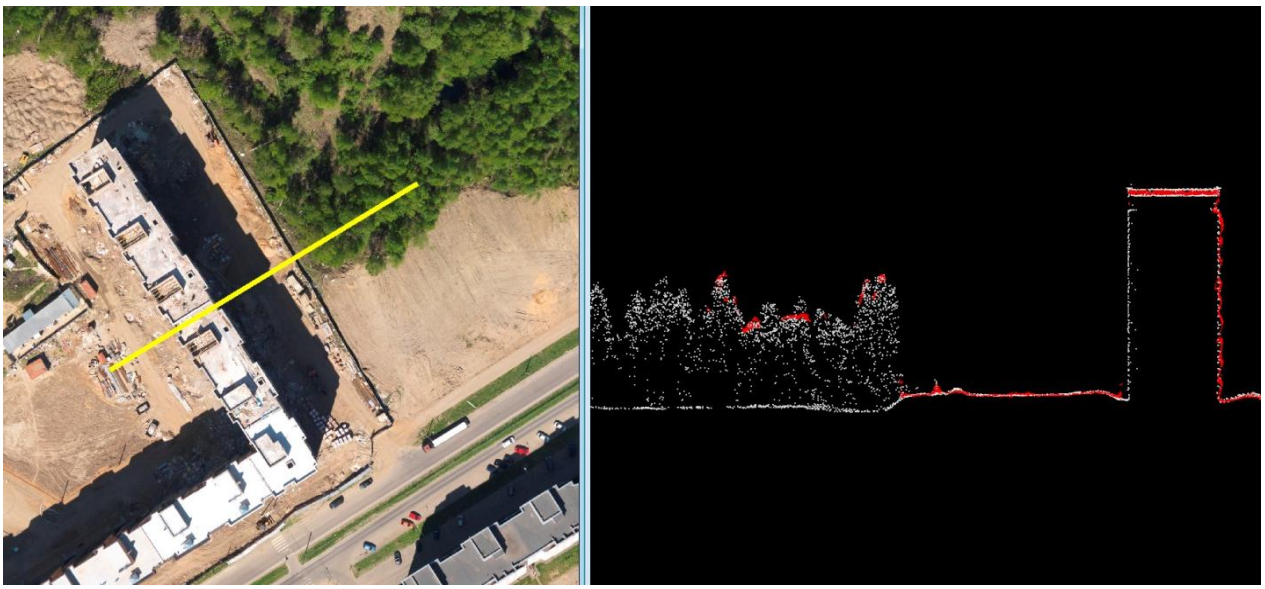


Рисунок 5. *Сравнение данных ВЛС и БПЛА-АФС.*

Хорошо видно отсутствие точек рельефа под растительностью на фотограмметрическом блоке и их наличие в лазерных данных. Аналогичное – на одной из стен здания

Figure 5. *Comparison of LIDAR data and photogrammetric 3D points.*

There are no 3D photogrammetric points under the vegetation, one wall is “absent”

Рисунок 6. *Сравнение данных ВЛС и БПЛА-АФС.*
Лазерные данные покрыли здание с обеих сторон, хорошо показаны кран и перекрытия в доме.
На данных с БПЛА ничего подобного нет, в стеснённых местах (стена и кран) данные отсутствуют.
В правом нижнем углу видны значительные артефакты облака точек,
построенного по фотограмметрическим данным,
при этом по данным лазерного сканирования всё вполне корректно.
Figure 6. *Comparison of LIDAR data and photogrammetric 3D points.*
LIDAR data cover all the walls, metal constructions, and the roof.
3D photogrammetric points do not cover the crane,
the wall nearby, and form distorted surface of relief under the crane

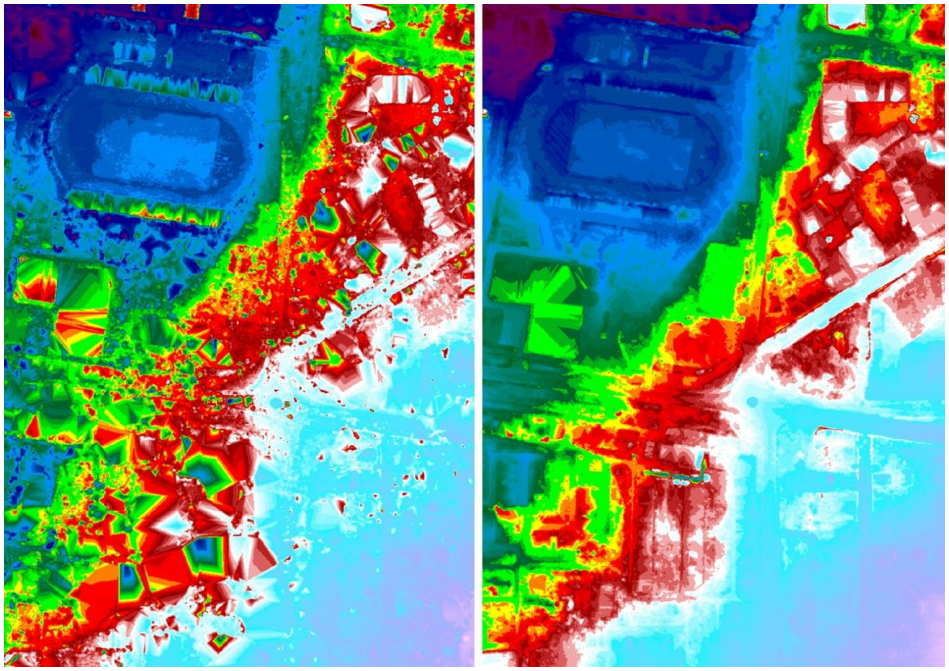


Рисунок 7. *Цифровые модели рельефа (TIN),*
построенные по данным БПЛА АФС (слева) и воздушного лазерного сканирования (справа).
Хорошо заметно очень большое количество артефактов на ЦМР по данным БПЛА АФС
даже на незалесённых участках
Figure 7. *Digital elevation models*
formed using LIDAR data (right) and 3D photogrammetric points (left).
The incorrect surface parts and distortions are quite obvious on 3D photogrammetric DEM

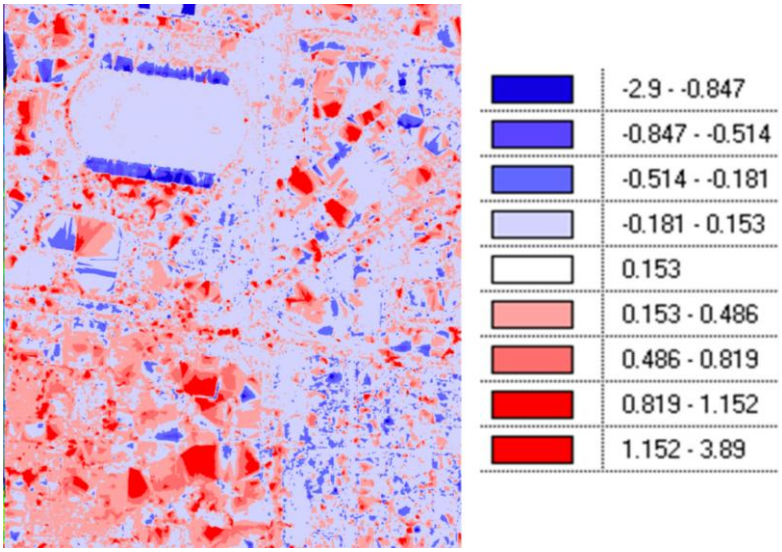


Рисунок 8. *Разница высот (в метрах) между ЦМР по данным ВЛС и БПЛА АФС*
Figure 8. *Difference between LIDAR and 3D photogrammetric DEM (in meters)*

Рисунок 9. *Характерное искажение высот, габаритов и формы зданий на открытой местности при использовании данных БПЛА АФС (красные точки)*
Figure 9. *Typical distortions of building forms and overall dimensions on 3D photogrammetric data. LIDAR data are quite good*

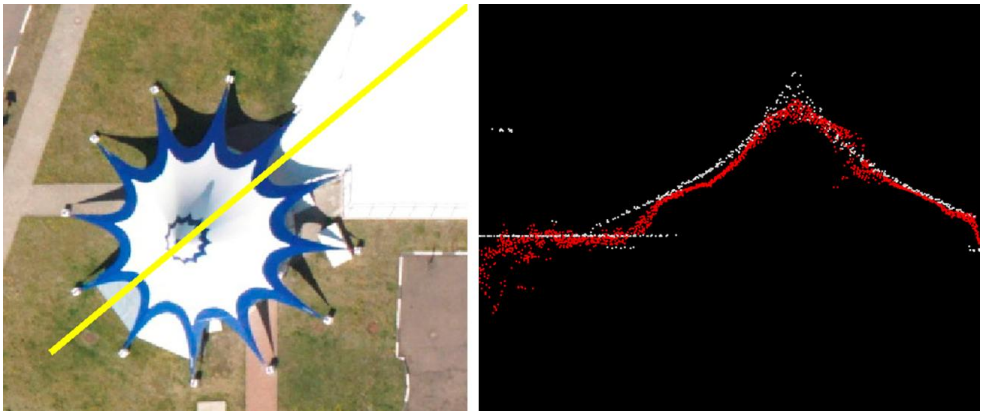


Рисунок 10. *Полностью некорректное описание формы сооружения и рельефа на данных БПЛА АФС.*
Причина – недостаточно текстурный объект
Figure 10. *Completely incorrect form of object and relief defined by 3D photogrammetric points.*
LIDAR data are correct

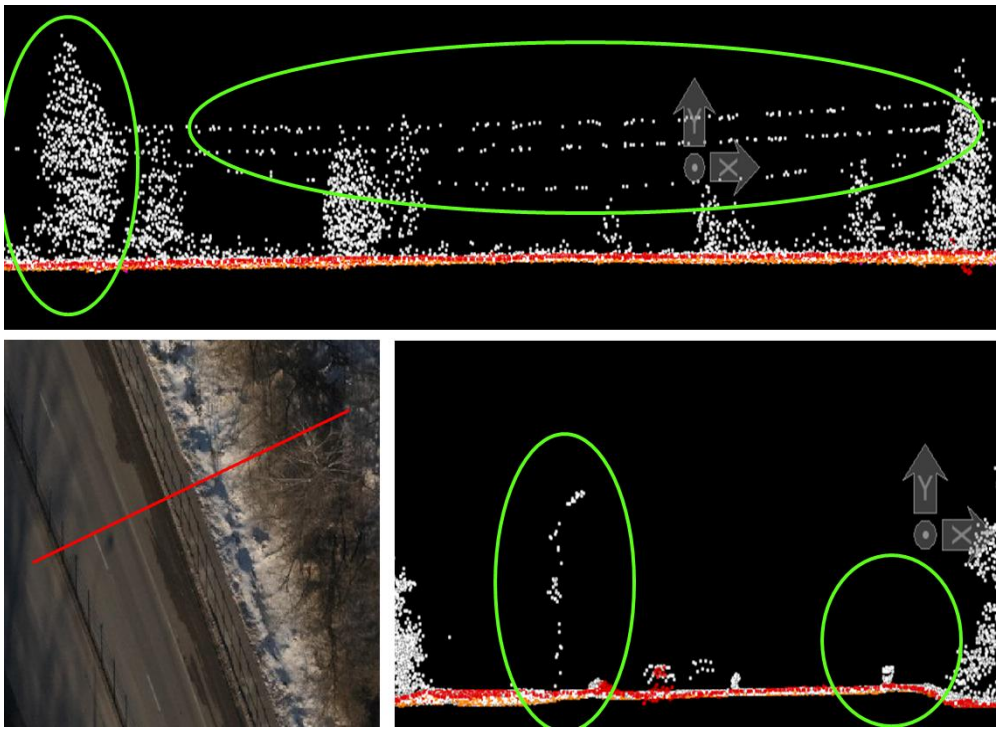


Рисунок 11. *Остутствие данных о столбах, проводах, ограждениях на дороге в данных БПЛА АФС.*
На данных лазерного сканирования они присутствуют
Figure 11. *Poles wires and metal constructions are absent on 3D photogrammetric data.*
LIDAR data have information about these objects

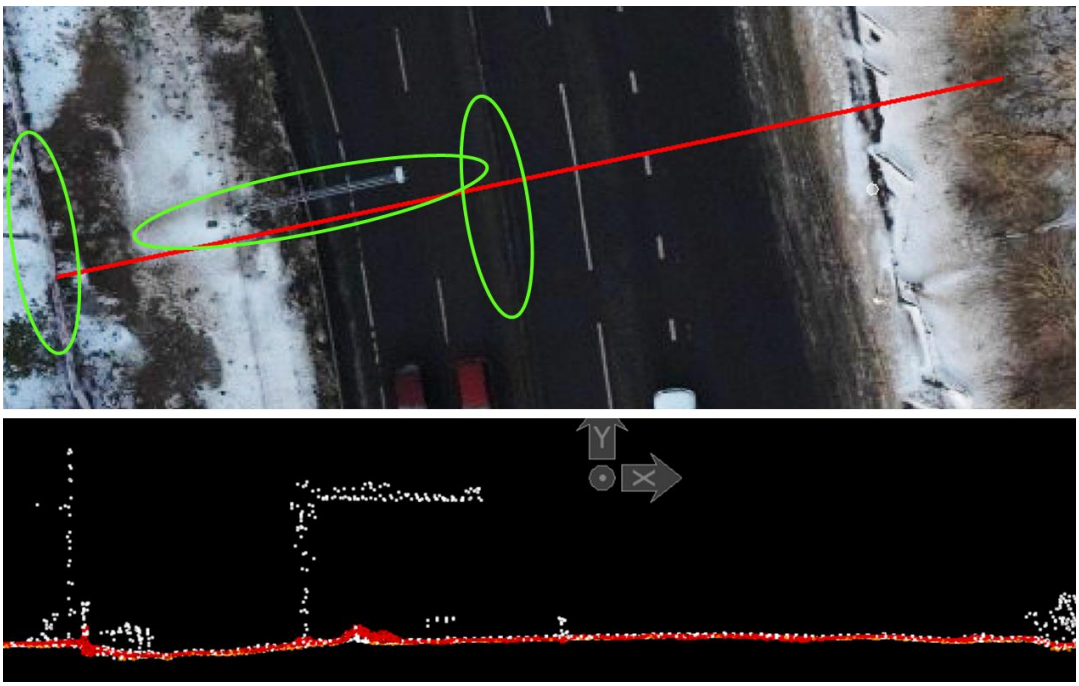


Рисунок 12. *Отсутствие на данных БПЛА АФС точек ферменных сооружений и столбов.*
На данных лазерного сканирования они присутствуют
Figure 12. *Poles and metal constructions are absent on 3D photogrammetric data*
LIDAR data has information about these objects

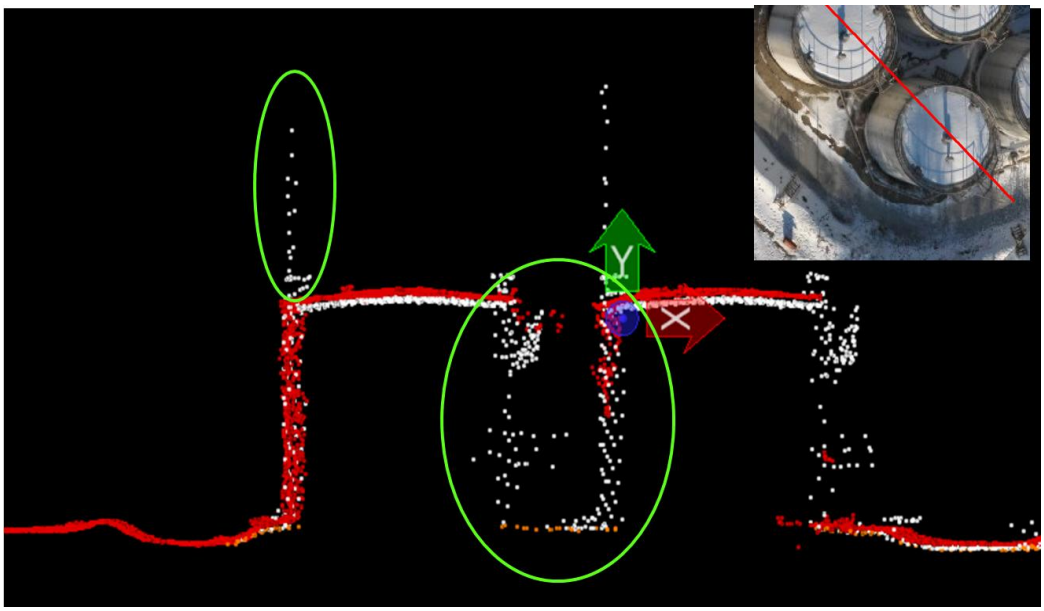


Рисунок 13. *Проявления «эффекта колодца» на данных БПЛА АФС точек*
(в стеснённых участках без возможности качественного стереомоделирования
коррелятор не создаёт облако точек).
Лазерное сканирование при этом справилось успешно.
Мачтовые конструкции на БПЛА АФС точках не отражены, на ВЛС отражены
Figure 13. *"Pit" effect makes the walls of oil reservoir absent on 3D photogrammetric data.*
LIDAR data have information about these objects

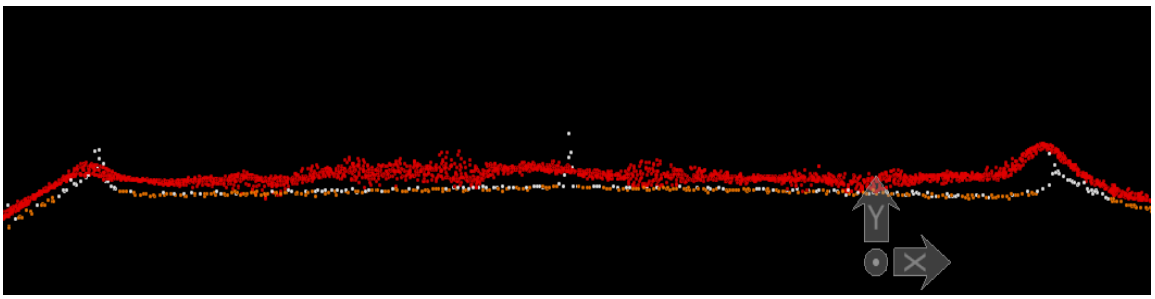


Рисунок 14. *Искажения формы и шум облака точек по БПЛА АФС на участке дороги.*
Профиль по фотограмметрическим данным совершенно не соответствует действительности.
Лазерное сканирование – корректный результат
Figure 14. *Distorted profile of the road on 3D photogrammetric data*
– elevation noise is too big, the shape is incorrect.
LIDAR data are correct

ВЫВОДЫ

Результаты, продемонстрированные в данном сравнении, достаточно неожиданны. Действительно, судя по формальным признакам (точность уравнивания, использование широкоугольных объективов, съёмки с высоким разрешением, подтверждение высотной точности на контрольных точках), данные облаков точек, полученные с БПЛА АФС не должны уступать данным лазерного сканирования. Но, исходя из реальности, они им не просто уступают, а в целом не являются пригодными для задач проектирования, так как в принципе не позволяют адекватно отобразить ни состав объектов на местности, ни их форму, ни габариты. В то же время данные воздушного лазерного сканирования полностью свободны от этих недостатков.

Причин этому несколько. В первую очередь, контрольные точки располагаются на открытой со всех сторон местности, а маркировочный крест является идеальной текстурой для

коррелятора. Неудивительно, что здесь всё отображается корректно и в соответствии с фотограмметрическими расчётами. В то же время стоит местности стать мало- или бестекстурой (рисунки 13 и 18), и в облаке точек появляются удивительные формы рельефа, которых в природе не наблюдается.

Особенности работы коррелятора.

Сам принцип корреляции в пределах скользящего окна размером в несколько пикселов (и чем больше – тем лучше) не позволяет отобразить в модели резкие перегибы – бровки, столбы, углы крыш и зданий. Это приводит к характерным «стожкам», когда у зданий сглаживаются внешние углы, и «корытам» – когда на внутреннем угле дороги и забора возникает сглаживание. То же касается коньков крыш и т.п. Поскольку все вышеперечисленные объекты не являются точками локации контрольных измерений, то увидеть этот эффект при уравнивании мы не можем.

Существует мнение об упрощённости методики уравнивания, используемой в программном обеспечении, рассчитанном на малоподготовленного обработчика данных БПЛА АФС. Упрощённость методики проявляется в излишней «оптимистичности» оценки качества уравнивания блока и невозможности полноценно проконтролировать качество связки не только на контрольных точках, но и на связующих точках.

Принципиально невозможно увидеть стереоэффект в «колодце» – когда стеснённый участок и его стены в принципе не видны с каких-либо двух точек, соответственно, нет и облака трёхмерных точек.

Принципиально невозможно увидеть землю в лесу – неважно, с какой высоты. Отдельные прогалы в лесопокрытой территории не меняют общую картину – плотность данных по БПЛА АФС на залесённой территории в части рельефа практически равна нулю. Тем не менее программное обеспечение без колебаний строит модель по верхушкам растительных объектов, что впоследствии вызывает необходимость фильтровать данные без добавления реальной информативности.

Коснувшись причин описанных расхождений в данных, нельзя не отметить последствия. Приведённые примеры наглядно говорят о том, что применение методов использования БПЛА с камерами практически любого мыслимого типа (от «мыльниц» до профессиональных решений ценой до 100 000 евро) с обработкой в «ПО для любителей» не позволяет создать сколько-нибудь пригодные для проектирования материалы на городские, сельские и незаселённые территории с растительностью.

В случае использования профессионального ПО (Photomod, Inpho, проч.) и ручной рисовки структурных элементов рельефа в стереорежиме, а также дополнения стереомоделей материалами полевых работ в лесопокрытых районах возможно получить достоверную модель местности и создать данные, пригодные для задач проектирования. Однако поскольку одними из основных причин использования БПЛА с аэрофотокамерами являются их низкая стоимость и сжатые сроки работы, то подобное технологическое решение полностью обнуляет все преимущества БПЛА-съёмок как в скорости, так и в цене.

Напротив, данные лазерного сканирования, получаемые в ходе залёта, не обладают ни одним из подобных недостатков, высокоавтоматизированы в обработке и полностью пригодны для создания картматериалов под проектные задачи в любых условиях. В большинстве случаев с учётом дополнительных затрат на обработку данных и устранение вышеописанных «особенностей» данных с БПЛА, стоимость создания топопланов по данным лазерного сканирования практически идентична таковой по данным БПЛА.

Отметим также практически несопоставимую производительность методов – если БПЛА самолётного типа может осуществить в день не более 30–50 км^2 съёмок под масштаб 1:2 000, то при использовании лазерного сканирования за один день возможна съёмка до 500 км^2 территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Blaschke T.* 3D landscape metrics to modeling forest structure and diversity based on laser scanning data // The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Freiburg, 2004. – Vol. XXXVI-8/W2. – Pp. 129–132.
2. *Burnett C., Blaschke T.* A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis. – Ecological Modeling, 2003. – № 168. – Pp. 233–249.
3. *Kumar V.* Extraction of forest inventory parameters and 3D modelling from airborne LIDAR // Materials of ESRI international user conference. – San Diego, 2014. – Pp. 342–351.
4. *Schwarz B.* LIDAR: Mapping the world in 3D // Nature Photonics, 2010. – № 4. – Pp. 429–430.
5. *Tiede D. et al.* A full GIS-based workflow for tree identification and delineation using laser scanning // The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – Vienna, 2005. – Vol. XXXVI, Part 3/W24. – Pp. 9–14.
6. *Wehr A.; Lohr U.* Airborne Laser scanning – an introduction and overview // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 1999, № 54. – Pp. 68–82.
7. *Zimble D.A. et all.* Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LIDAR // Remote Sensing of the Environment. – 2003, № 87. – Pp. 171–82.

Ilia A. Rilskiy[1], **Ilia V. Kalinkin**[2]

FEASIBILITY COMPARISON OF AIRBORNE LASER SCANNING DATA AND 3D-POINT CLOUDS FORMED FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)-BASED IMAGERY USED FOR 3D PROJECTING

ABSTRACT

New, innovative methods of aerial surveys have changed the approaches to information provision of projecting dramatically for the last 15 years. Nowadays there are at least two methods that claim to be the most efficient way for collecting geospatial data intended for projecting – the airborne laser scanning (LIDAR) data and photogrammetrically processed unmanned aerial vehicle (UAV)-based aerial imagery, forming 3D point clouds. But these materials are not identical to each other neither in precision, nor in completeness.

Airborne laser scanning (LIDAR) is normally being performed using manned aircrafts. LIDAR data are very precise, they allow us to achieve data about relief even overgrown with vegetation, or to collect laser reflections from wires, metal constructions and poles. UAV surveys are normally being performed using frame digital cameras (lightweight, full-frame, or mid-size). These cameras form images that are being processed using 3D photogrammetric software in automatic mode that allows one to generate 3D point cloud, which is used for building digital elevation models, surfaces, orthomosaics, etc.

All these materials are traditionally being used for making maps and GIS data. LIDAR data have been popular in design work. Also there have been some attempts to use for the same purpose 3D-point clouds, formed by photogrammetric software from images acquired from UAVs.

After comparison of the datasets from these two different types of surveying (surveys were made simultaneously on the same territory), it became possible to define some specific, typical for LIDAR or imagery-based 3D data. It can be mentioned that imagery-based 3D data (3D point

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory,1; *e-mail:* rilskiy@mail.ru

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory,1; *e-mail:* ilyakl@yandex.ru

clouds), formed in automatic mode using photogrammetry, are much worse than LIDAR data – both in terms of precision and completeness.

The article highlights these differences and makes attempts at explaining the origin of these differences.

KEYWORDS:

LIDAR, airborne laser scanning, unmanned aerial vehicle (UAV), photogrammetric processing, 3D pointc loud, aerial imagery

REFERENCES

1. Blaschke T. 3D landscape metrics to modeling forest structure and diversity based on laser scanning data, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Freiburg, 2004, Vol. XXXVI-8/W2, pp. 129–132.
2. Burnett C., Blaschke T. A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis, Ecological Modeling, 2003, 168, pp. 233–249.
3. Kumar V. Extraction of forest inventory parameters and 3D modelling from airborne LIDAR, Materials of ESRI international user conference, San Diego, 2014, 342–351.
4. Schwarz B. LIDAR: Mapping the world in 3D, Nature Photonics, 2010, No 4, pp. 429–430.
5. Tiede D. *et al.* A full GIS-based workflow for tree identification and delineation using laser scanning, The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vienna, 2005, Vol. XXXVI, Part 3/W24, pp. 9–14.
6. Wehr A., Lohr U. Airborne Laser scanning – an introduction and overview, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1999, No 54, pp. 68–82.
7. Zimble D.A. *et al.* Characterizing vertical forest structure using small-footprint airborne LIDAR, Remote Sensing of the Environment, 2003, No 87, pp. 171–82.

УДК 852.831 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-46-51

Д.В. Пчельников[1], Н.Н. Добрецов[2]

ПОСТРОЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ SUOMI NPP VIIRS И TERRA/AQUA MODIS

АННОТАЦИЯ

На смену прибору со средним пространственным разрешением MODIS пришёл прибор VIIRS. Его спектральные каналы не являются полными аналогами MODIS, а также отличается пространственное разрешение, однако эти 2 прибора создавались для похожего круга задач, и позволяют их решать одинаково эффективно. В задачах, где требуется анализ многолетних временных рядов (за десятки лет), данных одного спутника Suomi NPP недостаточно – он вышел на орбиту только в 2012 году. Однако совместное его использование с Terra MODIS и Aqua MODIS для построения многолетних временных рядов позволяет расширить временной диапазон наблюдений и обеспечить продолжение наблюдений в будущем. В данной работе рассмотрены методики пространственного совмещения данных MODIS и

[1] Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук; Россия, 630090, Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3; *e-mail:* denmail@igm.nsc.ru

[2] Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук; Россия, 630090, Новосибирск, пр-т Академика Коптюга, 3; *e-mail:* nickdobretsov@gmail.com

VIIRS. А также дана оценка спектральных каналов красного (канал 1 MODIS и I1 VIIRS) и ближнего инфракрасного диапазонов (канал 2 MODIS и I2 VIIRS) – это основные каналы для задач оценки растительного покрова.

Для построения временных рядов предлагается не самое очевидное универсальное математическое решение – приведение серий снимков к единому пространственному разрешению, а объектно-ориентированная модель временного ряда ДДЗ, где узлами нерегулярной сетки являются центроиды объектов исследования, а пикселы внутренней области становятся атрибутами этих объектов. Предложенный подход позволяет совмещать ДДЗ в разном пространственном разрешении в единый ряд с сохранением геометрии и метаинформации о пикселах (углы съёмки, солнца, параметры качества и т.д.). При агрегации данных во временном масштабе метаинформация служит критерием использования тех или иных данных в результирующих значениях, определяемых для объектов для выбранного временного масштаба (интервала – день, неделя, месяц, год и т.п.).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

дистанционное зондирование, MODIS, VIIRS, временные ряды, пространственное разрешение, спектральное разрешение

ВВЕДЕНИЕ

Спутниковые измерительные приборы Terra MODIS и NPP VIIRS обладают похожими пространственными и спектральными характеристиками [Kerry, 2013]. Поскольку спутниковая платформа Suomi NPP задумывалась как продолжение наблюдений программы EOS (Terra, Aqua и др.), набор каналов измерительного прибора VIIRS отчасти похож на MODIS, но выбирался уже с учётом накопленного опыта. Логично предположить, что продолжение задач мониторинга, использующее данные MODIS, будет столь же успешно решаться с использованием данных VIIRS.

В рамках одного конкретного космоснимка можно сказать, что данные спутниковых платформ взаимозаменяемы, и работают те же самые методы наблюдения. Однако система мониторинга работает во времени, в течение которого производятся составление временных рядов для оперативного наблюдения или ретроспективного анализа. Для совместного использования MODIS и VIIRS в задачах мониторинга необходимо решить задачу корректного объединения данных в один временной ряд, т.е. решить вопросы пространственного совмещения снимков, а также относительной калибровки спектральных данных приборов.

Для решения задач авторами предлагается не самое очевидное математическое решение – приведение серий снимков к единому пространственному разрешению, а объектно-ориентированная модель временного ряда ДДЗ, где узлами нерегулярной сетки являются центроиды объектов исследования, а пикселы вычисленной внутренней области становятся атрибутами этих объектов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сравним в спектральном домене каналы MODIS и VIIRS, предназначенные для наблюдения за растительностью. В простейшем случае, для оценки состояния рассчитывается нормализованный относительный индекс растительности NDVI на основе каналов в красном и ближнем инфракрасном диапазоне. Для MODIS – это 1 и 2 каналы, для VIIRS-I1 и I2 (подробнее в таблице 1), а также I2 соответствует канал M7, но с более низким пространственным разрешением 750 м.

Таблица 1. *Красный и инфракрасный каналы MODIS и VIIRS*
Table 1. *Red and infrared channels of MODIS and VIIRS*

Terra MODIS			**NPP VIIRS**		
Канал	**Разрешение в надире, м**	**Длина волны, нм**	**Длина волны, нм**	**Разрешение в надире, м**	**Канал**
1	250	620-670	600-680	375	I1
2	250	841-876	850-880	375	I2

Пространственное разрешение 1 и 2 канала MODIS – 250 м, пространственное разрешение I1 и I2 – 375 м. Для универсального решения задачи сравнения и совместного использования данных дистанционного зондирования разных измерительных приборов NASA предлагает использовать продукты обоих приборов в общем пространственном разрешении 500м. При обработке VIIRS до уровня 2G для каналов с разрешением 375 м формируются тайловые продукты на сетке 500 м, продукты MODIS того же уровня обработки доступны в разрешении 500 м и более высоком – 250 м.

Рассмотрим задачу для красного и ближнего инфракрасного диапазонов, тех, что применяются для расчёта коэффициента NDVI (нормализованного дифференциального индекса растительности), как наиболее часто используемого для оценки растительности. Для спектральных каналов 2 и I2 утверждается, что полученные данные отличаются по значениям не более чем на 1 % по сравнению с Terra MODIS и не более 2 % по сравнению с Aqua MODIS [Wolfe, 2013], а 1 и I1 – расхождений нет. Таким образом, сравнение и совместное использование NDVI, рассчитанных по данным всех трёх измерительных приборов, допустимо.

В ходе ранее проведённых совместных работ по мониторингу растительности Лабораторией дистанционного зондирования Института геологии и минералогии и Научно-исследовательским центром «Планета» была создана система мониторинга растительности для территории Западной Сибири, функционирующая с 2010 года по настоящее время [Сапрыкин, 2012]. Рабочие участки даже крупных сельскохозяйственных полей имеют в своей внутренней области от 1-2 до нескольких десятков пикселов по ДДЗ среднего пространственного разрешения. Поэтому в системах мониторинга крупных сельхозугодий целесообразно использовать гранульные продукты уровня обработки L2 – не на тайловой сетке, а в проекции, соответствующей пролету спутника, с геометрией и пространственным разрешением самого измерительного прибора. В условиях переменной облачности это позволяет сохранить большее количество исходных данных при обнаружении объектов и получении их спектральных значений. Работа проводилась при помощи ДДЗ прибора MODIS (платформ Terra и Aqua), однако то же самое справедливо и для прибора VIIRS, особенно с учётом того, что переход от виткового L2 к тайловому L2G идёт с потерей пространственного разрешения (из 375 м получается 500 м).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При использовании витковых продуктов уровня обработки L2 мы получаем атмосферно-скорректированные значения, однако в разрешении прибора и в проекции, максимально приближённой к тому, “как видит” эти объекты измерительный прибор. Такой подход позволяет существенно увеличить количество измеренных значений для объектов в условиях смешанной облачности, количество измеренных объектов по MODIS увеличивается на 15–25 %, для VIIRS – сейчас только проводятся исследования, но предположительно эта

цифра будет ещё больше, т.к. для этого прибора продукты обработки L2 и L2G имеют разное пространственное разрешение.

Авторы данной статьи в настоящее время проверяют гипотезу о возможности построения временных рядов ДЗЗ среднего пространственного разрешения, где узлами нерегулярной сетки проекции являются центроиды измеряемых объектов. Каждый узел хранит набор пикселов исходного изображения для внутренней области объекта (индивидуально определяемой для каждого снимка) с координатами в проекции и разрешении исходного изображения, а также такую метаинформацию: источник информации, углы съёмки и другие служебные данные для оценки качества информации при расчётах и агрегации значений при изменении масштаба временного ряда. Очевидно, что агрегация данных при переходе от временного масштаба «день» в масштаб «неделя» должна осуществляться с применением метаинформации, а использование данных разных спутниковых платформ только увеличивает роль метаинформации при построении и временном масштабировании ряда.

Расчёты результирующих значений для объекта производятся независимо для каждого измерения, при этом нет необходимости приводить данные к единому пространственному разрешению и проекции. Все пикселы внутренней области объекта, значения которых признаны пригодными и условно пригодными, хранятся в качестве атрибутивной информации для каждого узла сетки. Построение временного ряда происходит уже для сети объектов. В случае отсутствия для конкретного узла полностью пригодных значений (имеются только значения пикселов со смешанной облачностью и аэрозолями небольшой толщины) проводят пространственный и временной анализ на основе известных физических свойств и закономерностей для объекта. Так, например, для поля с пшеницей или гречей известен его вегетационный цикл, на основе которого возможна коррекция.

Таблица 2. *Значения NDVI для нескольких проблемных тестовых участков*
Table 2. *NDVI value for some test-polygons with problems*

	Тестовый участок 1	**Тестовый участок 7**	**Тестовый участок 9**	**Тестовый участок 12**
Terra MODIS 22.06.2016	*0,852*	*0,86*	*0,78*	*0,9*
Suomi NPP VIIRS 22.06.2016	*0,82*	*0,817*	0,732	0,86
Terra MODIS 23.06.2016	*0,84*	*0,87*	0,79	0,9
Suomi NPP VIIRS 23.06.2016	*0,807*	*0,82*	0,78	0,892

В ходе ручного сравнения значений NDVI взято среднее значение индекса для объектов (рабочих участков полей) по пригодным пикселам их внутренней области, определяемых для каждого снимка, перепроецированием векторного контура объекта в проекцию исходного снимка и его наложением. Проводится отсечение краевых пикселов области объекта, чтобы исключить взаимное межпикселное влияние, а также наложение масок облачности и аэрозолей и исключение пограничных с ними пикселов. Для отдельных снимков MODIS и VIIRS за один и тот же день на гранульных продуктах L2 для отдельных эталонных объектов (поля с пшеницей) практически совпадает (<2%), в то же время для почти четверти объектов для ка-

ждой пары снимков было выявлено расхождение NDVI до 5-7%, в том числе и для всего временного ряда для одного вегетационного сезона, чего не должно наблюдаться, исходя из технических характеристик приборов, ранее приведённых в данной статье. Для эксперимента была взята выборка из 42 тестовых спектрально однородных участков (рабочие участки полей с пшеницей), где для каждого было получено значение NDVI. Значения для полей брались таким образом, чтобы исключить влияние от других объектов: дорог, колков и др. смежных объектов, таким образом, брался центроид тестового участка и еще несколько пикселов внутренней области, не граничащих с другими объектами, облаками или тенями от облаков. В таблице 2 показаны несколько проблемных участков. Расхождения проявляются не для каждой даты, потому на тестовой выборке в течение одного вегетационного сезона и 42 тестовых участках не удалось установить закономерности и скорректировать значения.

ВЫВОДЫ

Универсальный информационный подход к решению проблемы через приведение данных к общему (меньшему) пространственному разрешению неизбежно приводит к потере информации и сужению круга решаемых задач. Построение объектного временного ряда для задач мониторинга растительности позволяет сохранить большее количество информации об объектах наблюдения, чем при построении унифицированного ряда из снимков, приведённых к единому пространственному разрешению.

Сейчас производится автоматизация процесса построения рядов для больших массивов данных и набирается статистика для более подробного изучения и решения проблемы. Это позволит подтвердить или опровергнуть уже полученную статистику на небольшом объёме данных и подробнее исследовать природу систематической ошибки – расхождение значений VIIRS и MODIS на 5–7% для четверти объектов исследования. Связана ли ошибка с разным временем пролёта спутниковых платформ на одной и той же территории и/или особенностями поведения растительности ещё предстоит выяснить.

Самой главной задачей является создать методику использования данных (взаимной калибровки значений разных спутниковых платформ) для задач оценки растительности, как если бы исходные данные были с одного измерительного прибора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сапрыкин Е.И., Сладких Л.А., Пчельников Д.В.* Оценка состояния посевов зерновых культур по данным дистанционного зондирования земли // V Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии, системы и приборы в АПК-АГРОИНФО-2012», п. Краснообск, 10–11 октября 2012 года. – Материалы Междун. конф., 2012. – Том 1. – С. 387–390.
2. *Grant K.D., Puschell J., Miller Sh.* VIIRS Improvements over MODIS // AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition, AIAA SPACE Forum, (AIAA 2013-5461); doi:10.2514/6.2013-5461.
3. *Wolfe R.E., Lin G., Nishihama M., Tewari K.P., Tilton J.C., Isaacman A.R.* Suomi NPP VIIRS prelaunch and on-orbit geometric calibration and characterization // J. Geophys. Res. Atmos. – 2013, № 118. – Pp. 11508–11521; doi:10.1002/jgrd.50873.

Denis V. Pchel'nikov[1], **Nikolay N. Dobtretsov**[2]

THE CONSTRUCTION OF TIME SERIES SIMULTANEOUSLY USING SUOMI NPP VIIRS AND TERRA/AQUA MODIS REMOTE SENSING DATA

ABSTRACT

The new generation sensor VIIRS of Suomi NPP satellite has replaced MODIS sensors of TERRA & AQUA. VIIRS spectral channels are not full analogues of MODIS, and their spatial resolution differs slightly. Both sensors were designed for a similar range of observation tasks, and their joint usage should be effective. However the time period from the launch of Suomi NPP to the present is short enough to develop a mutual long-term time series (over tens of years). Suomi NPP VIIRS joint use with Terra MODIS and Aqua MODIS for building multi-year time series allows us to extend the time range of observations, and to ensure observations to be continued in the future. In this paper, we consider the methods of spatial co-registration of MODIS and VIIRS data, and provide the estimation of the calibration accuracy and spectral matching of channels of red (channel 1 MODIS and I1 VIIRS) and the near infrared range (channel 2 MODIS and I2 VIIRS). These are the main channels for assessing vegetation cover.

To build RS time series by resampling images to a common spatial resolution is the most obvious solution. Hovewer we propose an object-oriented approach, with nodes of the irregular grid of the time series being the centroids of the objects of study, and the pixels of the inner region being the attributes of those objects. The proposed approach allows one to combine the remote sensing data of different spatial resolution into a single series pack, which maintains the geometry and meta information about pixels (angles, sun, quality parameters, etc.). Meta-information serves as a criterion for the use of certain data in the output values defined for the objects for the selected time scale (interval: day, week, month, year, etc.).

KEYWORDS:

remote sensing, MODIS, VIIRS, time series, spatial resolution, spectral resolution

REFERENCES

1. Saprykin E.I., Sladkih L.A., Pchel'nikov D.V. Ocenka sostojanija posevov zernovyh kul'tur po dannym distancionnogo zondirovanija zemli [Assessment of crops based on remote sensing], V Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija Informacionnye tehnologii, sistemy i pribory v APK-AGROINFO-2012, p. Krasnoobsk, 10–11 oktjabrja 2012 goda. Materialy Mezhd. Konf., 2012, T. 1, pp. 387–390 (in Russian).
2. Grant K.D., Puschell J., Miller Sh. VIIRS Improvements over MODIS, AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition, AIAA SPACE Forum, (AIAA 2013-5461); doi:10.2514/6.2013-5461.
3. Wolfe R.E., Lin G., Nishihama M., Tewari K.P., Tilton J.C., Isaacman A.R., Suomi NPP VIIRS prelaunch and on-orbit geometric calibration and characterization, J. Geophys. Res. Atmos., 2013, No 118, pp. 11508–11521; doi:10.1002/jgrd.50873.

[1] V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Russian Academy of Sciences; 3, Ac. Koptyuga ave, Novosibirsk, Russia, 630090; *e-mail:* denmail@igm.nsc.ru
[2] V.S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy of the Russian Academy of Sciences; 3, Ac. Koptyuga ave, Novosibirsk, Russia, 630090; *e-mail:* nickdobretsov@gmail.com

УДК 556.555; 528.88 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-52-62

Е.Н. Сутырина[1]

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕДОВО-ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОЗЕРА БАЙКАЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ МЕТОДОВ

АННОТАЦИЯ

Температура поверхности воды и характеристики ледяного покрова являются значимыми параметрами состояния экосистемы озера и одними из важнейших индикаторов, позволяющими выявить климатические изменения. Размеры оз. Байкал с площадью акватории в 31,7 тыс. км² делают обоснованным использование для изучения характеристик его ледово-термического режима данных дистанционного спутникового зондирования. Целью данного исследования являлось изучение особенностей пространственно-временного распределения параметров ледово-термического режима оз. Байкал с применением данных радиометра AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) за 1998-2016 гг.

В статье даётся описание разработанной методики картирования стадий стаивания и разрушения снежно-ледяного покрова на оз. Байкал в весенний период и подхода к картированию температуры поверхности воды озера в безледоставный период по данным AVHRR. Приводятся образцы составленных карт-схем ледовой обстановки и распределения температуры на поверхности. По полученным материалам была изучена специфика очищения ото льда акваторий Южной, Центральной и Северной котловин оз. Байкал и было установлено, что межгодовые колебания сроков очищения ото льда указанных акваторий находятся в противофазе с межгодовыми колебаниям величины индекса Арктической осцилляции. По полученным полям температуры воды изучена внутригодовая и межгодовая изменчивость в распределении температуры поверхности оз. Байкал и выявлено, что наибольшая межгодовая изменчивость температуры на его поверхности наблюдается в августе, который характеризуется наибольшим прогревом поверхности данного водоёма. Дана оценка вклада ряда значимых факторов в формирование температурных полей на поверхности оз. Байкал.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

озеро Байкал, радиометр AVHRR, температура поверхности воды, ледяной покров, внутригодовая и межгодовая изменчивость

ВВЕДЕНИЕ

Озеро Байкал расположено в центральной части Евразийского материка между 51°28´ и 55°47´ северной широты и между 103°43´ и 109°58´ восточной долготы и является самым глубоким и самым большим по объёму пресноводным озером в мире.

По современным данным, при уровне воды в озере 455,5 м над уровнем моря длина озера по тальвегу составляет 672 км, максимальная ширина – 79 км, площадь акватории – 31,7 тыс. км² [Troitskaya *et al.*, 2015]. При изучении оз. Байкал, имеющего столь значительные размеры акватории, данные дистанционного зондирования предоставляют возможность следить за состоянием всего водоёма и получать пространственно-временную информацию о происходящих в озере процессах, которую невозможно обеспечить с применением только судовых и экспедиционных исследований. Диагностика состояния водоёмов с использованием дистанционных методов основана на возможности регистрации дистанционным оборудо-

[1] Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Иркутский государственный университет», географический факультет; 664003, Россия, Иркутск, ул. К. Маркса, 1; *e-mail:* ensut78@gmail.com

ванием широкого спектра значимых параметров водной среды. В рамках данного исследования производились картирование и анализ пространственно-временного распределения температуры поверхности воды оз. Байкал и ледовой обстановки в период разрушения снежно-ледяного покрова с использованием спутниковых данных.

Температура воды является важной характеристикой состояния экосистемы озера, которая оказывает влияние на протекающие в водоёме физические, химические и биологические процессы и от которой в значительной мере зависит интенсивность процессов самоочищения водных объектов и т. д. Температура воды является одним из важнейших показателей биологической продуктивности акватории, на которую она оказывает как прямое, так и косвенное влияние. По полям температуры поверхности воды можно косвенно анализировать такие явления, как термический барьер, вихревые структуры, апвеллинг и др. [Troitskaya *et al.*, 2015]. Информация о температуре поверхности воды необходима для оценки накопления и расходования тепла водной массой в результате её теплообмена с атмосферой и ложем озера, для расчёта теплового баланса, разработки методов прогноза сроков вскрытия и замерзания водоёма.

Таблица 1. *Характеристика состояния снежно-ледяной поверхности при различных степенях ее стаивания и разрушения*
Table 1. *Characteristics of the state of the snow-ice surface at various stages of its melting and destruction*

Степень стаивания и разрушения	**Характеристика состояния снежно-ледяной поверхности**
I	Снег чистый, плотный, мелко- и среднезернистый, сухой
II	Снег чистый, слабо увлажнённый (начало таяния), плотный; местами появляются отдельные серые пятна (более увлажнённые участки)
III	Снег чистый, днём местами появляется вода; количество серых пятен составляет 10–20 % видимой поверхности
IV	Снег чистый, влажный, начинает оседать, переходит в крупнозернистый; на поверхности около 30 % серых и тёмных пятен
V	Снег влажный, местами загрязнён, на льду под снегом вода; количество белых (чистый снег), серых и тёмных пятен одинаково
VI	Снег интенсивно тает, на льду вода, снежная каша. Сплочённость после вскрытия составляет от 7 до 10 баллов
VII	Снег крупнозернистый, сохраняется на отдельных местах; ледяная поверхность шероховатая, серых или тёмных оттенков. Сплочённость после вскрытия составляет 7 баллов
VIII	Снежная каша, лёд тёмный, шероховатый, отдельные участки серого цвета. Сплочённость после вскрытия составляет от 5 до 7 баллов
IX	Лёд тёмный, распадается на вертикальные столбики, вода на льду. Сплочённость после вскрытия составляет менее 5 баллов

Исследование ледяного покрова на оз. Байкал также имеет научное и практическое значение. Ледяной покров оказывает существенное влияние на условия формирования энергетических потоков в системе «водоём-атмосфера», препятствует ветровому перемешиванию и определяет своеобразие всех элементов режима изучаемого водоёма. С практической точки зрения информация о ледовой обстановке необходима для планомерного проведения навигации и перевозки грузов по льду.

Характеристики ледово-термического режима чувствительны к климатическим изменениям и являются одними из важнейших индикаторов, позволяющими выявить климатические изменения, поэтому получение информации о динамике ледяного покрова и температу-

ре поверхности воды важно для изучения изменений регионального и локального климата [Нелепо и др., 1985].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В рамках данного исследования для изучения особенностей пространственно-временного распределения прозрачности воды в поверхностном слое оз. Байкал в период открытого водоёма были использованы данные радиометра AVHRR за период с 1998 по 2016 г.

В весенний период использование данных AVHRR об отражательной способности поверхности позволяет определять стадии разрушения снежно-ледяного покрова и чистую воду. В данной работе при оценке стадий таяния и разрушения снежно-ледяного покрова на исследуемых водоёмах за основу была принята классификация, приведённая В.М. Мишоном [Мишон, 1979] (таблица 1) и доработанная на основании ряда исследований оптических свойств разрушающегося льда и снега, основными из которых являются работы [Petrov *et al.*, 2004, Матвеев, 1976, Arst, Sipelgas, 2004; Singh, Singh, 2001], а также совместного анализа мелкомасштабных снимков AVHRR с находящимися в открытом доступе квазисинхронными снимками высокого и сверхвысокого разрешения, дающими частичное покрытие акватории озера в отдельные даты. В результате для каждого типа, приведённого в таблице 1, был установлен диапазон значений альбедо, используемый для дальнейшего составления карт-схем по спутниковым изображениям.

Таблица 2. *Матрица точности классификации состояния снежно-ледяной поверхности оз. Байкал при различных степенях её стаивания и разрушения*
Table 2. *Confusion matrix for classification of the state of snow-ice surface of Lake Baikal at various stages of melting and destruction*

		Опорный источник									Сумма
		I, II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Чисто	
Результаты классификации	I, II	66	4	0	0	0	0	0	0	0	70
	III	2	62	2	0	0	0	0	0	0	66
	IV	1	2	59	1	0	1	0	0	0	64
	V	0	1	1	55	3	0	1	0	0	61
	VI	1	1	1	1	70	3	1	0	0	78
	VII	0	0	1	2	2	54	4	1	0	64
	VIII	0	0	0	0	0	2	78	6	2	88
	IX	0	0	1	0	0	0	2	114	7	124
	Чисто	0	0	0	0	0	0	1	3	120	124
Сумма		70	70	65	59	75	60	87	124	129	739

Для анализа точности предложенной методики классификации в качестве опорного источника использовались не применявшиеся при разработке классификации крупномасштабные космофотокарты с метровым и субметровым разрешением, также обеспечивающие фрагментарное покрытие исследуемых акваторий в отдельные даты, а также данные наземных экспедиционных исследований на оз. Байкал в апреле 2015 г. Ввиду сложности распознавания первых двух стадий стаивания и разрушения по опорным материалам – при классификации и при дальнейшем анализе точности классификации они объединены в один класс. Далее были составлены матрицы точности классификации (таблица 2). Сумма значений диагональных элементов показывает общее количество правильно классифицированных пикселей, а отношение этого количества к общему количеству пикселей в матрице показыва-

ет общую точность, которая для разработанной классификации состояния снежно-ледяной поверхности по оз. Байкал составила 91,7 %.

Для составления карт-схем распределения температуры поверхности воды оз. Байкал использовались региональные алгоритмы тематической обработки данных AVHRR, полученные на основе сопоставления массивов квазисинхронных спутниковых и судовых измерений и подробно описанные в [Сутырина, 2014]. Данные алгоритмы основаны на дифференцированном определении температуры в различное время суток (день, ночь) и в различные месяцы (июнь-июль, август-сентябрь, октябрь-декабрь), применении квадратичной модификации [Barton, 1995] метода «расщеплённого окна прозрачности» и дополнительном привлечении информации видимого и ближнего инфракрасного каналов в дневное время суток [Сутырина, 2014]. Применение разработанных автором региональных алгоритмов позволяет увеличить точность определения температуры поверхности воды до 0,4 К в ночное время и до 0,3 К в дневное время суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для картирования ледовой обстановки в период разрушения льда в работе применяются картознаки качественного фона, для картографического отображения температуры поверхности воды используются картознаки количественного грид-отображения на основе разработанных автором палитр.

Ниже в качестве примера приведены полученные в результате анализа спутниковых изображений AVHRR карты-схемы, на которых отображено состояние снежно-ледяного покрова по степени его стаивания и разрушения на оз. Байкал в мае 2010 и 2012 гг. (рисунок 1). Данные изображения позволяют отчётливо проследить динамику разрушения ледяного покрова в указанные годы. В 2010 г. наблюдался наиболее поздний сход льда за период исследования 1998–2016 гг. 2012 г. характеризуется значительно более ранним сходом льда по сравнению с 2010 г. и относится к числу лет с наиболее ранним очищением ото льда за исследуемый период для оз. Байкал.

При рассмотрении указанной серии карт-схем видно, что ледовая обстановка на водоёмах от года к году может существенно отличается даже в схожие сроки. Например, 25 мая в 2010 г. лёд еще не вскрылся на большей части акватории Северной котловины оз. Байкала, в 2012 г. на ту же дату оз. Байкал полностью очистилось ото льда (см. рисунок 1).

При этом от года к году на данном водоёме наблюдается схожая последовательность разрушения льда и очищения от него исследуемых акваторий. Так, на оз. Байкал взлом льда начинается вдоль западного побережья Южной котловины несколько севернее устья р. Ангары, как правило, во второй половине апреля. Очищается ото льда в первую очередь северная часть Южной котловины и южная часть Центральной котловины озера. В последнюю очередь очищается ото льда акватория Северной котловины оз. Байкал, что происходит в третьей декаде мая – первой половине июня (см. рисунок 1).

В рамках исследования по спутниковым данным были изучена межгодовая изменчивость сроков очищения ото льда акваторий Южной, Центральной и Северной котловин оз. Байкал. На рисунке 2 приведён межгодовой ход сроков очищения ото льда исследуемых акваторий за период с 1998 по 2016 г., определённых по данным AVHRR.

Межгодовые колебания интенсивности ледовых процессов на исследуемом водоёме в основном связаны с Сибирским антициклоном, влияние которого зависит от общей атмосферной циркуляции в Северном полушарии. В ходе исследования проанализирована связь сроков очищения водоёмов ото льда по данным AVHRR как с рядом индексов атмосферной циркуляции, так и со значениями отдельных метеоэлементов, осреднёнными за различные периоды времени, частично или полностью включающие осеннее и предледоставное охлаждение, ледостав, период таяния и разрушения льда.

Наиболее выраженная связь сроков очищения ото льда всех котловин оз. Байкал наблюдается с индексом Арктической осцилляции AO (Arctic Oscillation), осреднённым за пе-

риод с ноября по апрель или по май, со значениями коэффициента корреляции, достигающими -0,89 – -0,91. Арктическая осцилляция – важнейший крупномасштабный атмосферный процесс, определяющий межгодовую изменчивость погодных и климатических условий в высоких и средних широтах Северного полушария в холодное время года. Когда индекс АО находится в положительной фазе, кольцо сильных ветров, циркулирующих вокруг Северного полюса, ограничивает поступление более холодного воздуха из полярных регионов. В отрицательной фазе индекса АО этот пояс ветров становится слабее и больше искажается, что способствует более лёгкому проникновению на юг холодных арктических воздушных масс и увеличению штормов в средних широтах. Влияние на ледовый режим характера атмосферного переноса, отражённого в значениях АО, обусловлено формированием полей давления, температуры воздуха, ветра, влажности и т.д. [Сизова и др., 2013].

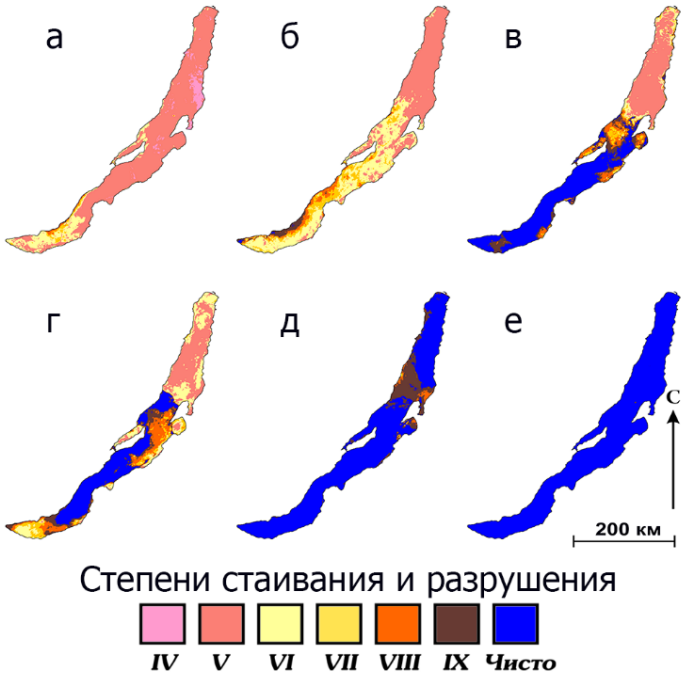


Рисунок 1. *Состояние снежно-ледяного покрова оз. Байкал по степени стаивания и разрушения:*
а – 10.05.2010 г., б –17.05.2010 г., в – 25.05.2010 г.,
г – 4.05.2012 г., д –14.05.2012 г., е – 21.05.2012 г.
(IV-IX см. таблицу 1)

Figure 1. *The state of the snow-ice cover of Lake Baikal according to the degree of melting and destruction:*
а – 10.05.2010, б –17.05.2010, в – 25.05.2010,
г – 4.05.2012, д –14.05.2012, е – 21.05.2012
(IV-IX see Table 1)

На рисунке 2 можно видеть, что межгодовые колебания сроков очищения ото льда изучаемых акваторий в целом находятся в противофазе к межгодовым колебаниям осреднённых за период с ноября по апрель значений индекса АО.

Кроме того, установлена заметная или тесная связь сроков очищения данных акваторий с индексами NAO (North Atlantic Oscillation) и SCAND (Scandinavia), осреднённых за период с ноября или с декабря по май, с корреляцией, достигающей -0,68 – -0,82 и 0,62 – 0,75 соответственно. С индексами EATL/WRUS (East Atlantic/ West Russia), Polar/Eurasia связь сроков очищения слабая или умеренная.

Величина коэффициента корреляции сроков очищения ото льда со значениями приземной температуры воздуха, по данным реанализа NCEP/NCAR (The National Centers for Environmental Prediction/The National Center of Atmospheric Research), осреднённой за период с октября по май, достигает -0,74 для Южной котловины и -0,72 для Центральной котловины оз. Байкал, характеризуя связь как тесную. Для Северной котловины оз. Байкал связь сроков очищения ото льда со средней за октябрь–май приземной температурой воздуха заметная, с коэффициентом корреляции -0,61. Связь сроков очищения с осреднёнными за ноябрь–апрель или декабрь–апрель значениями высоты изобарической поверхности 500 ГПа в районе действия Сибирского антициклона соответствует тесной связи для всех котловин оз. Байкал со значениями коэффициента корреляции -0,73 – -0,81.

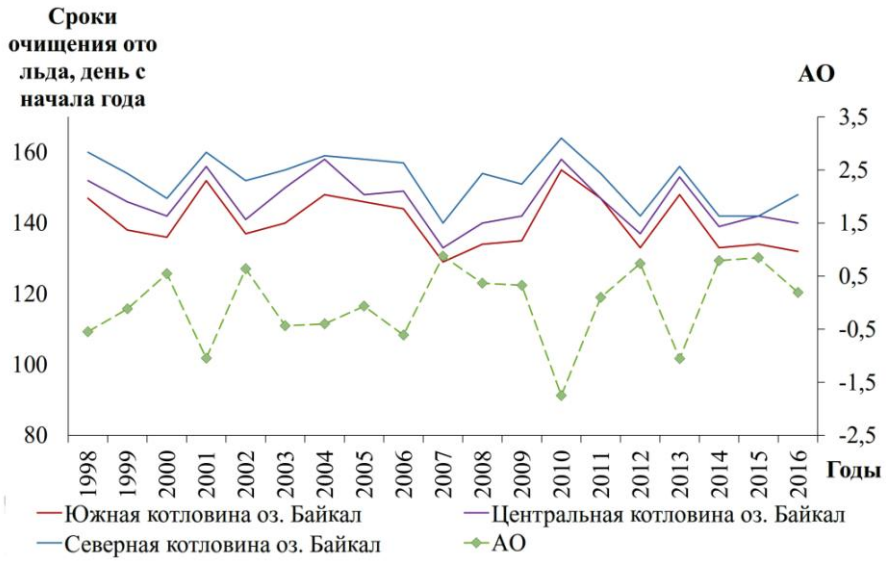


Рисунок 2. *Межгодовой ход сроков очищения ото льда исследуемых акваторий по данным радиометра AVHRR в сопоставлении с ходом значений индекса АО, осреднённых за период с ноября по апрель*

Figure 2. *Interannual variability of the timing of the final disappearance of all ice on the investigated water areas according to AVHRR data in comparison with variability of AO index averaged for the period from November to April*

В работе установлено, что связь сроков полного очищения ото льда на всех исследуемых акваториях, имеющих значительные размеры, с показателем атмосферной циркуляции АО оказывается значительно более выраженной, чем при использовании информации о ледовых явлениях, собранной на отдельных гидрометеостанциях, как, например, в работе [Сизова и др., 2013]. Это можно объяснить более выраженным вкладом локальных факторов в специфику ледового режима на непосредственно прилегающих к постам участках акватории. В свою очередь это показывает необходимость использования спутниковой информации о ледовых условиях на всей акватории для адекватной оценки связи параметров ледового режима с параметрами атмосферной циркуляции.

Кроме того, в результате проделанной работы были составлены серии электронных карт-схем температуры поверхности воды оз. Байкал с 1998 по 2015 г. для периодов открытой воды. Ниже в качестве примера приведена серия тематических карт-схем температуры поверхности воды оз. Байкал в близкие сроки в 2010 и 2012 гг. (рисунок 3), иллюстрирующая внутригодовую и межгодовую изменчивость в распределении температуры воды на поверхности оз. Байкал.

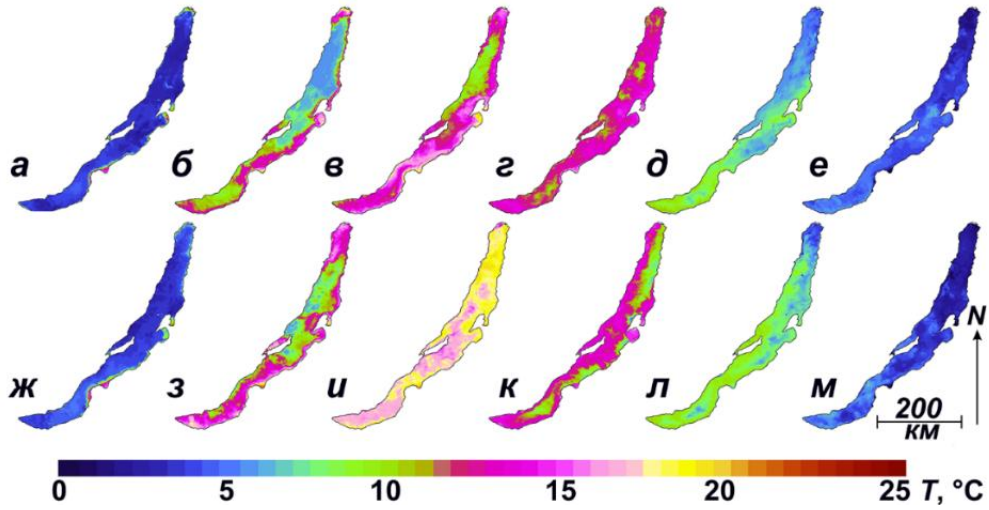


Рисунок 3. *Распределение температуры поверхности воды оз. Байкал*
в 2010 г.: а – 10 июня, б – 18 июля, в – 8 августа, г – 1 сентября, д – 2 октября, е – 7 ноября
и в 2012 г.: ж – 10 июня, з – 14 июля, и – 11 августа, к – 4 сентября, л – 4 октября, м – 3 ноября

Figure 3. *Distribution of water surface temperature of Lake Baikal*
in 2010: a – June 10, б – July 18, в – August 8, г – September 1, д – October 2, e – November 7
and in 2012: ж – June 10, з – July 14, и – August 11, к – September 4, л – October 4, м – November 3

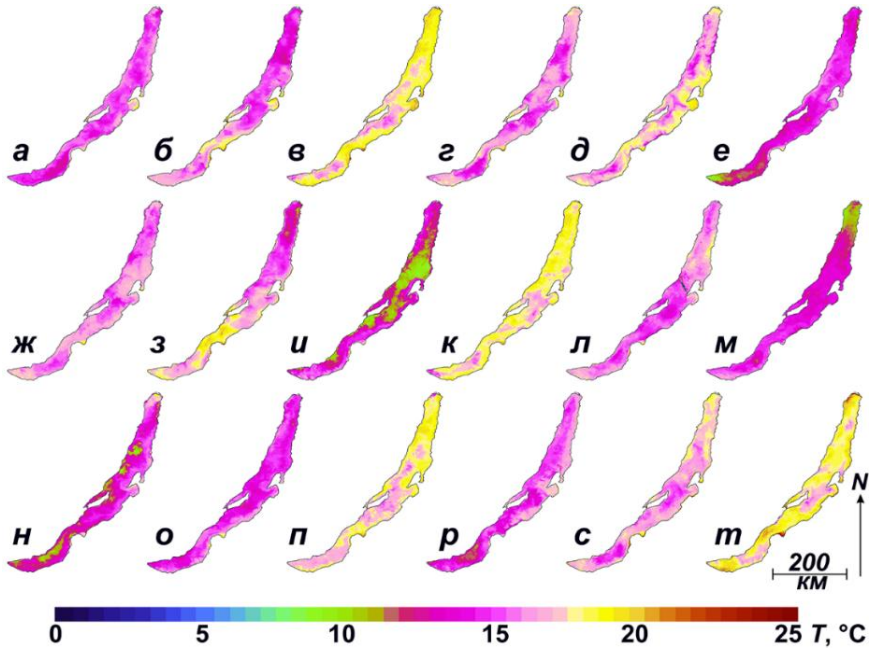


Рисунок 4. *Распределение температуры поверхности воды в оз. Байкал:*
30.08.1998 (а), 2.08.1999 (б), 8.08.2000 (в), 12.08.2001 (г), 8.08.2002 (д), 28.08.2003 (е), 18.08.2004 (ж), 3.08.2005 (з), 15.08.2006 (и), 15.08.2007 (к), 13.08.2008 (л), 1.09.2009 (м), 23.08.2010 (н), 17.08.2011 (о), 11.08.2012 (п),30.08.2013 (р), 29.7.2014 (с), 21.08.2015 (т)

Figure 4. *The distribution of the water surface temperature of Lake Baikal:*
30.08.1998 (а), 2.08.1999 (б), 8.08.2000 (в), 12.08.2001 (г), 8.08.2002 (д), 28.08.2003 (е), 18.08.2004 (ж), 3.08.2005 (з), 15.08.2006 (и), 15.08.2007 (к), 13.08.2008 (л), 1.09.2009 (м), 23.08.2010 (н), 17.08.2011 (о), 11.08.2012 (п),30.08.2013 (р), 29.7.2014 (с), 21.08.2015 (т)

При анализе распределения температуры на поверхности оз. Байкал на картах-схемах за 12 июня 2010 г. и 10 июня 2012 г. практически на всей акватории озера (за исключением мелководных участков, заливов и проливов) наблюдается гомотермия. Эта ситуация является характерной для этого периода и наблюдается ежегодно. Наибольшая пространственная изменчивость в распределении температуры на поверхности в открытой части озера, в том числе за счёт неравномерного прогрева и перераспределения речных вод, как правило, наблюдается в июле. Наибольшего прогрева вода на поверхности оз. Байкал, как правило, достигает в августе. Начиная со второй половины октября до ледостава температура в центральных частях озера в связи со значительной тепловой инерцией больших объёмов воды превышает температуру в мелководных заливах и проливах. В первой декаде ноября на преобладающей части акватории озера (за исключением мелководных частей озера, где температура близка к 0 С) наблюдается осенняя гомотермия.

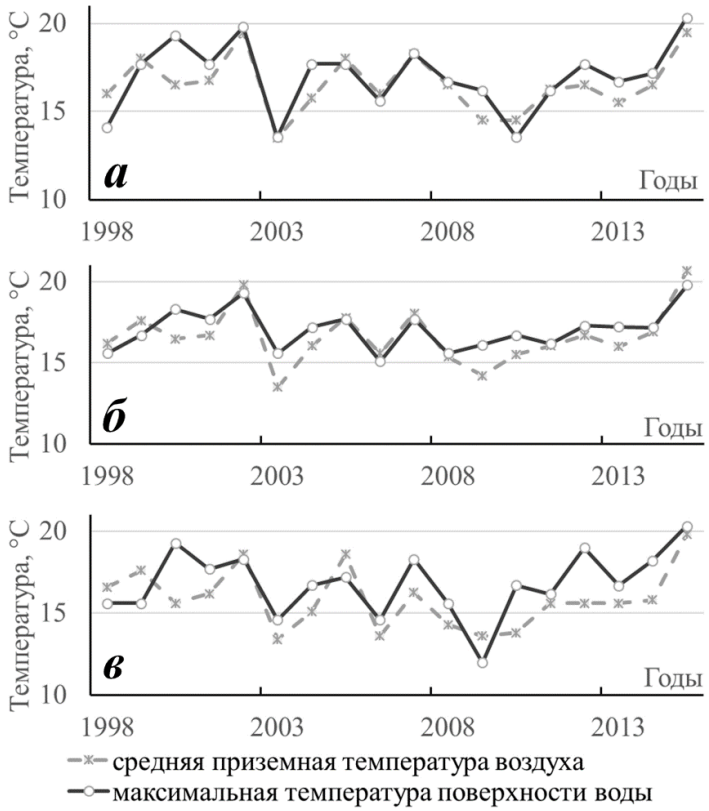


Рисунок 5. *Изменчивость максимальных значений температуры поверхности воды в открытых частях Южной (а), Центральной (б), Северной (в) котловин оз. Байкал и средней приземной температуры воздуха за месяц, предшествующий наблюдаемому максимуму температуры воды*
Figure 5. *Variability of the maximum values of water surface temperature in the open parts of South (а), Central (б), Northern (в) basins of Lake Baikal and the average surface air temperature for the month preceding the observed maximum water temperature*

Данные серии карт-схем наглядно иллюстрируют, что наибольшие межгодовые различия в распределении температуры на поверхности оз. Байкал приурочены к периодам наибольшего прогрева, поэтому для анализа межгодовой изменчивости температурного режима данного водоёма наиболее оправдано изучение вариаций температуры воды на поверхности именно в указанные периоды. Ниже приведены карты-схемы распределения температуры, соответствующие наибольшему прогреву воды на поверхности оз. Байкал (рисунок 4), ото-

бранные для каждого года за период с 1998 по 2015 г. и иллюстрирующие существенную межгодовую изменчивость в распределении температуры.

Максимальные значения температуры на поверхности в открытых частях изучаемых акваторий существенно изменяются от года к году. За период исследования её значения изменялись в Южной котловине оз. Байкал от 13,5 (в 2010 г.) до 20,3° С (в 2015 г.), в Центральной котловине оз. Байкал – от 15,1 (в 2006 г.) до 19,8 °С (в 2015 г.), в Северной котловине оз. Байкал – от 12,0 (в 2009 г.) до 20,3 °С (в 2015 г.).

С привлечением данных реанализа NCEP/NCAR проведён анализ связи величины приземной температуры воздуха и максимальных значений температуры на поверхности открытых частей данных акваторий оз. Байкал. Ниже на рисунке 5 приведён межгодовой ход максимальных значений температуры поверхности воды в открытых частях изучаемых акваторий и приземной температуры воздуха, осреднённой за месяц, предшествующий наблюдаемому максимуму температуры воды, в целом показывающий наличие синхронности изменения этих параметров в указанных акваториях, что соответствует наличию заметной линейной связи между данными параметрами в Северной котловины с коэффициентом корреляции, равным 0,65, и тесной линейной связи с коэффициентами корреляции 0,79 и 0,83 в Южной и Центральной котловинах соответственно.

В ходе исследования также определены значения парных коэффициентов корреляции максимальных значений температуры поверхности воды в открытых частях акваторий со сроками очищения ото льда. Выявлено, что связь максимальных значений температуры воды со сроками очищения ото льда в Южной и Северной котловинах оз. Байкал характеризуется как заметная и умеренная с коэффициентами корреляции -0,52 и -0,44 соответственно, в Центральной котловине – как слабая с коэффициентом корреляции, равным -0,22.

ВЫВОДЫ

В рамках проведённого исследования с применением данных AVHRR были составлены электронные карты-схемы температуры поверхности воды оз. Байкал в безледоставный период, а также карты-схемы состояния снежно-ледяного покрова озера в весенний период. По полученным материалам изучены региональные особенности очищения ото льда акваторий Южной, Центральной и Северной котловин оз. Байкал. Исследованы связи сроков полного очищения котловин оз. Байкал ото льда со значениями индексов атмосферной циркуляции и установлено, что межгодовые колебания сроков очищения ото льда указанных акваторий находятся в противофазе к межгодовым колебаниям значений индекса АО.

Также результаты данного исследования, проведённого с применением данных радиометра AVHRR, позволили более детально изучить особенности распределения температуры воды на поверхности оз. Байкал и оценить вклад ряда значимых факторов в формирование температурных полей и углубить знания об особенностях температурного режима данного водоёма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Матвеев Л.Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 640 с.
2. *Мишон В.М.* Гидрофизика. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1979. – 308 с.
3. *Нелепо Б.А., Коротаев Г.К. Суетин В.С., Терехин Ю.В.* Исследование океана из космоса. – Киев: Наукова думка, 1985. – 168 с.
4. *Сизова Л.Н., Куимова Л.Н., Шимараев М.Н.* Влияние циркуляции атмосферы на ледово-термические процессы на Байкале в 1950–2010 годы // География и природные ресурсы. – 2013, № 2. – С. 74–82.
5. *Сутырина Е.Н.* Изучение внутренних водоёмов и водосборов с применением данных дистанционного зондирования Земли. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. – 133 с.

6. *Arst H., Sipelgas L.* In situ and satellite investigations of optical properties of the ice cover in the Baltic Sea region // Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol. – 2004. – Vol. 53 (1). – Pp. 25–36.
7. *Barton I.J.* Satellite-derived sea surface temperatures: Current status // J. Geoph. Res. – 1995. – Vol. 100. – Pp. 8777–8790.
8. *Petrov M., Zdorovennov R., Palshin N., Terzhevik A.* Solar radiation and albedo regime in ice-covered lakes: Early spring // Proc. 8th Workshop on Physical Processes in Natural Waters. – Lund, 2004. – Pp. 31–38.
9. *Singh P., Singh V.P.* Snow and Glacier Hydrology. – Dordrecht, Boston, London: Kluwer academic publishers, 2001. – 756 p.
10. *Troitskaya E., Blinov V., Ivanov V., Zhdanov A., Gnatovsky R., Sutyrina E., Shimaraev M.* Cyclonic circulation and upwelling in Lake Baikal // Aquatic Sciences, 2015. – Vol. 77, Issue 2. – Pp. 171–182.

Ekaterina N. Sutyrina[1]

STUDY OF PARAMETERS OF THE ICE-THERMAL REGIME OF LAKE BAIKAL USING REMOTE METHODS

ABSTRACT

The surface temperature of the water and the characteristics of the ice cover are important parameters of the state of the ecosystem of the lake and one of the most important indicators that allow us to identify climate change. Dimensions of Lake Baikal with an area of 31.7 thousand sq. kilometers make it reasonable to use the data of satellite remote sensing to study the characteristics of its ice-thermal regime. The purpose of this investigation was to study the features of the spatio-temporal distribution of the parameters of the ice-thermal regime of Lake Baikal using AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) radiometer data for the period of 1998-2016.

The paper describes the developed approach to mapping the stages of melting and destruction of the snow-ice cover on Baikal Lake in the spring and the method for mapping the surface temperature of the lake in an ice-free period according to AVHRR data. Samples of compiled schematic maps of the ice situation and of temperature distribution on the lake surface are given. Based on the obtained cartographic materials, the specificity of ice disappearance of the water areas of the Southern, Central and Northern basins of Lake Baikal has been studied. And it was found that the interannual fluctuations in the timing of the ice disappearance on the given water areas are in antiphase with the interannual fluctuations in the value of the Arctic Oscillation Index. Schematic temperature maps were used to study the intra-annual and interannual variability in the temperature distribution of Lake Baikal's surface and it was revealed that the greatest interannual variability of temperature on its surface is observed in August, which is characterized by the maximum warming of the surface of the water body. Also, the contribution of several significant factors to the formation of temperature fields on the surface of Lake Baikal was estimated.

KEYWORDS:

Lake Baikal, AVHRR radiometer, water surface temperature, ice cover, intra-annual and interannual variability

[1] Irkutsk State University; 664003, Karl Marx st, 1, Irkutsk, Russia; *e-mail:* ensut78@gmail.com

REFERENCES

1. Matveev L.T. Kurs obshchej meteorologii. Fizika atmosfery [Course of general meteorology. Atmospheric Physics], Leningrad: Hydrometeoizdat, 1976, 640 p. (in Russian).
2. Mishon V.M. Gidrofizika [Hydrophysics], Voronezh: VGU, 1979, 308 p. (in Russian).
3. Nelepo B.A., Korotaev G.K. Suetin V.S., Terehin Ju.V. Issledovanie okeana iz kosmosa [The study of the ocean from space], Kiev: Naukova dumka, 1985, 168 p. (in Russian).
4. Sizova L.N., Kuimova L.N., Shimaraev M.N. Vlijanie cirkuljacii atmosfery na ledovo-termicheskie processy na Bajkale v 1950–2010 gody [The Influence of atmospheric circulation on ice-thermal processes in Lake Baikal in 1950–2010 years], Geografija i prirodnye resursy, 2013, No. 2, pp. 74–82 (in Russian).
5. Sutyrina E.N. Izuchenie vnutrennikh vodoemov i vodosborov s primeneniem dannykh distantsionnogo zondirovaniya Zemli [The study of inland water bodies and watersheds using remote sensing data of the Earth], Irkutsk: Izd-vo IGU, 2014, 133 p. (in Russian).
6. Arst H., Sipelgas L. In situ and satellite investigations of optical properties of the ice cover in the Baltic Sea region, Proc. Estonian Acad. Sci. Biol. Ecol., 2004, Vol. 53 (1), pp. 25–36.
7. Barton I.J. Satellite-derived sea surface temperatures: Current status, J. Geoph. Res., 1995, Vol. 100, pp. 8777–8790.
8. Petrov M., Zdorovennov R., Palshin N., Terzhevik A. Solar radiation and albedo regime in ice-covered lakes: Early spring. Proc. 8th Workshop on Physical Processes in Natural Waters, Lund, 2004, pp. 31–38.
9. Singh P., Singh V.P. Snow and Glacier Hydrology, Dordrecht, Boston, London, Kluwer academic publishers, 2001, 756 p.
10. Troitskaya E., Blinov V., Ivanov V., Zhdanov A., Gnatovsky R., Sutyrina E., Shimaraev M. Cyclonic circulation and upwelling in Lake Baikal, Aquatic Sciences, 2015, Vol. 77, Issue 2, pp. 171–182.

УДК 630*583 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-62-70

А.В. Каверин[1], **Е.С. Вдовин**[2]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ LANDSAT ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ЛЕСНОМУ ХОЗЯЙСТВУ ВСЛЕДСТВИЕ ВЕТРОВАЛА (НА ПРИМЕРЕ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

АННОТАЦИЯ

Ущерб от опасных метеорологических явлений в отдельные годы превышает объём заготовки леса даже в районах интенсивного лесопользования. Так, на примере изучаемого объекта, на территории которого образовался ветровал вследствие шквалистого ветра, показано, как оперативное выявление и оценка состояния повреждённых участков леса позволяют провести эффективные мероприятия по защите лесов и/или их восстановлению. В свою очередь несвоевременное получение информации о негативных изменениях в лесах может привести к снижению эффективности санитарно-оздоровительных мероприятий

[1] Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва, географический факультет, кафедра экологии и природопользования; Саранск, ул. Большевисткая, 68б 430005, Россия; *e-mail:* kaverinav@yandex.ru

[2] Государственное казённое учреждение Республики Мордовия «Саранское территориальное лесничество»; Саранск, пер. Чернышевского, 10, 430005, Россия; *e-mail:* vdovin_evgenii@inbox.ru

в виде последующей вспышки нашествия насекомых – вредителей леса и повышенной пожарной опасности.

Целью нашей работы является картографирование пространственного распределения лесных участков, подвергшихся ветровалу на территории Старошайговского участкового лесничества Саранского территориального лесничества. В качестве исходной информации использованы не только данные дистанционного зондирования, но и результаты наземных лесопатологических обследований повреждённых участков. При классификации (дешифрировании) изображений без обучения использовался способ IsoData.

Всего на исследуемой территории выявлены почти 300 га насаждений, полностью погибших в результате ветровалов, что составляет 1,5 % площади участкового лесничества. Проанализированы особенности пространственного распределения ветровалов на исследуемой территории, а также на основе актуальных исходных данных построена карта распространения ветровала, образовавшегося на землях лесного фонда вследствие шквалистого ветра на территории Республики Мордовия 21 июня 2015 года и рассчитан экономический ущерб лесному хозяйству изучаемого объекта. Проведена выборочная оценка породного состава и возрастной структуры насаждений, пострадавших от лесных пожаров и ветровалов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ветровал, дистанционное зондирование, картографирование

ВВЕДЕНИЕ

Опасные метеорологические явления являются одним из источников возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера. Данная проблема актуальна для многих регионов России, в том числе и для Республики Мордовия, где их вероятность летом 1–2 %, зимой – 4–6 % [География Мордовской АССР, 1983]. В последние годы наблюдается рост повторяемости опасных явлений погоды на территории России и увеличение ущерба от них.

При общей площади лесов на территории республики в 749,8 тыс. га, основную часть из которых составляют земли лесного фонда (681 тыс. га или около 91 %), проблема изучения пространственного распределения последствий опасных метеоявлений, в частности, таких как сильный шквалистый ветер, с помощью данных дистанционного зондирования на территории республики особенно актуальна. Актуальность проблемы возрастает в том числе и с её недостаточной изученностью в силу того, что республика отнесена к малолесным регионам.

Решаемые задачи:

1) подобрать многоспектральные космические снимки для дешифрирования;

2) произвести классификацию спутниковых снимков с построением тематических карт лесов;

3) выявить местоположение и площади ветровальных участков внутри изучаемого субъекта;

4) провести расчёт эколого-экономического ущерба лесному хозяйству изучаемого объекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обработка данных дистанционного зондирования (ДДЗ) – область, которая активно развивается уже много лет и всё теснее интегрируется с ГИС. В последнее время и в исследовательской деятельности широко используется космическая информация. Растровые данные являются одним из основных типов пространственных данных в ГИС. Они могут представлять спутниковые снимки, аэрофотоснимки, регулярные цифровые модели рельефа, тематические гриды, полученные в результате ГИС-анализа и геоинформационного моделирования [Манухов, 2009]. Космические снимки – главный источник пространственной инфор-

мации и данных для создания географических информационных систем (ГИС). Снимки дают возможность оперативно и регулярно получать информацию об объектах и их взаимосвязях, а также процессах, происходящих на земной поверхности [Росяйкина, 2015].

Методы оценки ущерба от лесных пожаров и ветровалов по данным ДЗЗ рассматриваются многими авторами [Шихов, 2014]. Выбор исходных данных и методов дешифрирования должен выполняться с учётом специфики решаемой задачи. В данном случае необходимость выполнения анализа за короткий период времени в течение 2015 года предопределила выбор данных среднего разрешения Landsat 8, которые выбирались по дате их создания и параметру облачности, равному 0%. Также отметим, что для территории Старошайговского участкового лесничества было достаточно одной сцены для того, чтобы полностью охватить его площадь. Первый снимок LandsatID: LC81740222015143LGN00 был произведён 01 июня 2015 года, второй LC81730222015216LGN00 – 04 августа 2015 года. Как видно из дат производства снимков, первый был выполнен до появления ветровала, второй – после.

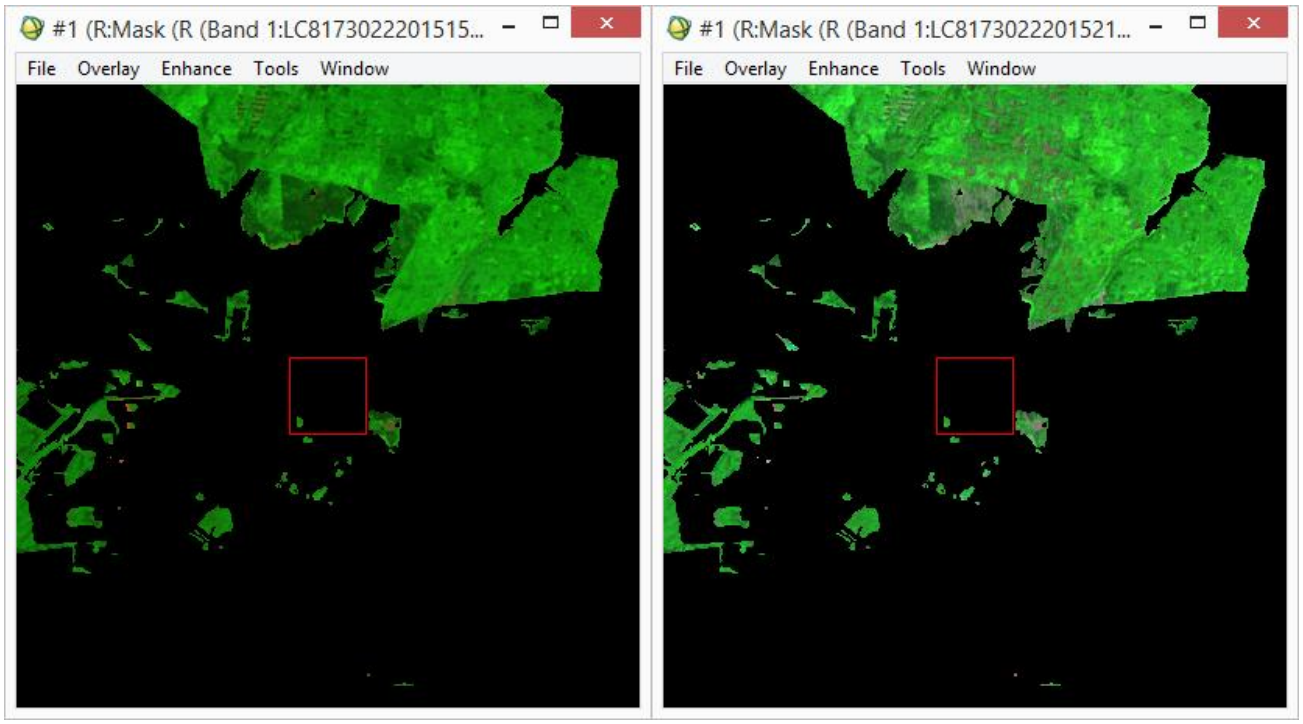


***Рисунок 1**. Визуальные различия двух снимков участка земель лесного фонда до и после ветровала*

***Figure 1**. Visual differences of two images of the forest land area before and after the forest windfall*

Для формирования однородных изображений на исследуемую территорию для всех снимков Landsat была проведена атмосферная коррекция в модуле FLAASH программного комплекса ENVI-4.7 [Курбанов, 2013].

Далее на основе полученных снимков в среде программы ENVI 4.7 были получены синтезированные изображения с комбинацией каналов для снимков с КА Landsat 8 – 7-5-3. Территории, выходящие за пределы изучаемого объекта, были удалены из обработки с помощью масок.

На рисунке 1 представлено наглядное различие самого большого хвойного массива изучаемого объекта до и после повреждения шквалом.

При классификации (дешифрировании) изображений без обучения использовался способ IsoData. Для классификации указанным способом в среде программы ENVI 4.7 было задано минимальное и максимальное количество классов для анализа.

Любое классифицированное изображение нуждается в постобработке, в ходе которой оценивается точность классификации, объединяются близкие классы, производится генерализация изображения для получения растровой или векторной карты. В программном комплексе ENVI есть полный ряд инструментов для удовлетворения этим требованиям.

Была проведена постклассификационная обработка (PostClassificationProcessing) с целью генерализации изображений с помощью процедуры Majority/MinorityAnalysis [Вдовин, 2015] (рисунок 2).

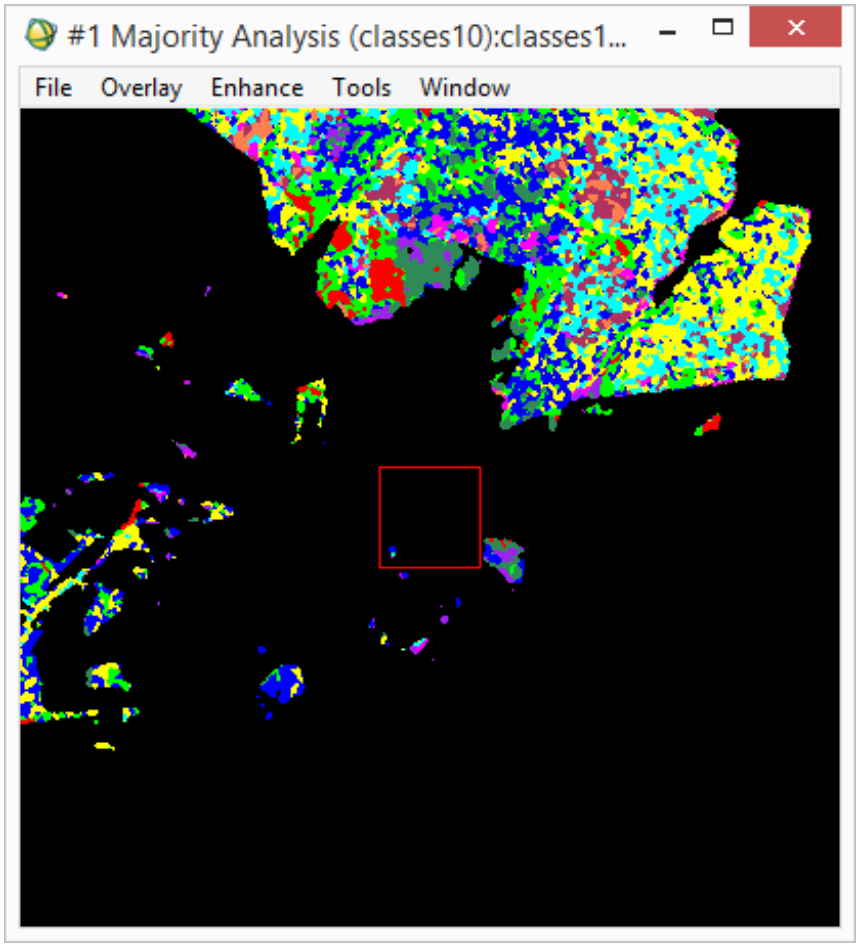


Рисунок 2. *Классифицированное изображение, полученное на основе снимка Landsat 8 от 04.08.2015 г.*

Figure 2*. The classified picture received on the Landsat 8 image as of 04.08.2015*

Затем был визуально определён и подтверждён натурным способом класс ветровальных участков, поскольку программный комплекс ENVI самостоятельно определил классы. Данные натурного обследования показали высокую корреляцию результатов дешифрирования и наземных исследований, а именно: из 52 обследованных участков хвойных и лиственных насаждений только 49 являлись ветровальными, а три участка, занятые еловыми насаждениями, оказались усыхающими после засухи 2010 года, в то время как в соответствии с результатами классификации все 52 участка были отнесены к одному классу. Таким образом, можно сделать вывод о близких спектральных характеристиках лесных участков, повреждённых ветром и засухой.

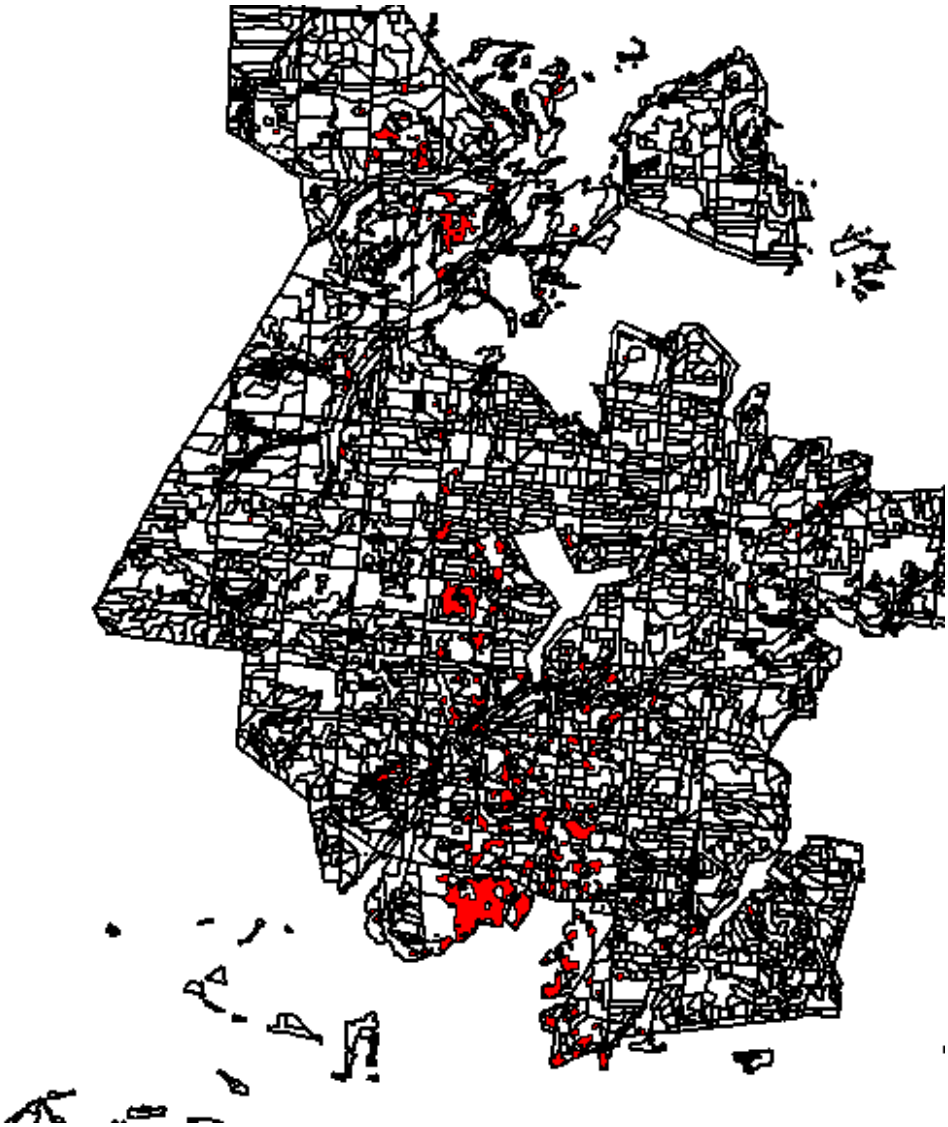


Рисунок 3. *Характер распространения ветровала по территории лесничества (красным указано расположение ветровальных участков леса в границах лесничества)*
Figure 3*. The distribution of the forest windfall on the territory of the forestry (red indicates the location of windfall sites within the boundaries of the forestry)*

Далее результат классификации в векторном формате был преобразован в ГИС Mapinfo Professional 10.5.2 путём выделения класса ветровальных участков из общего результата и наложения его на векторную карту лесничества (рисунок 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Посредством пространственных запросов в ГИС Mapinfo Professional 10.5.2 получены следующие данные, проиллюстрированные диаграммами на рисунках 4 и 5.

Как видно из диаграммы (рисунок 4), структура ветровальных площадей представлена как достаточно мелкими участками, так и довольно крупными, превышающими площадь более 10 га. Их суммарная площадь составляет 66 га.

В разрезе составляющих пород структура повреждённых ветровалом площадей выглядит следующим образом (рисунок 5).

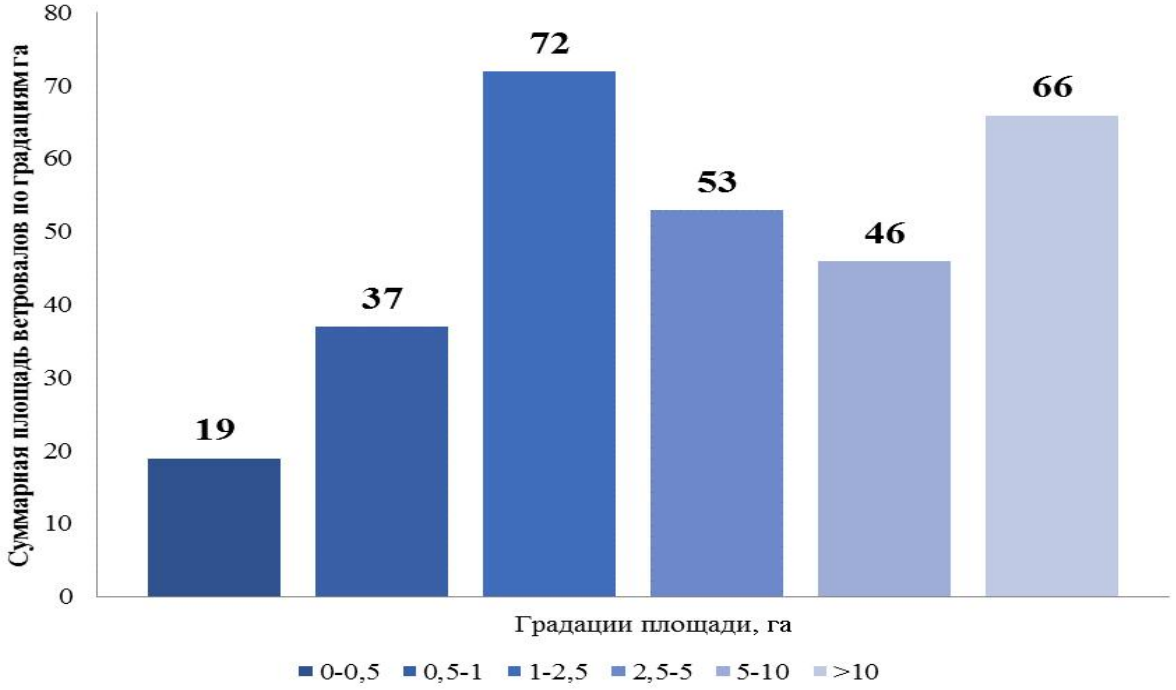


Рисунок 4. *Характер распределения ветровальных площадей по их размеру*
Figure 4. *The distribution of forest windfall areas according to their size*

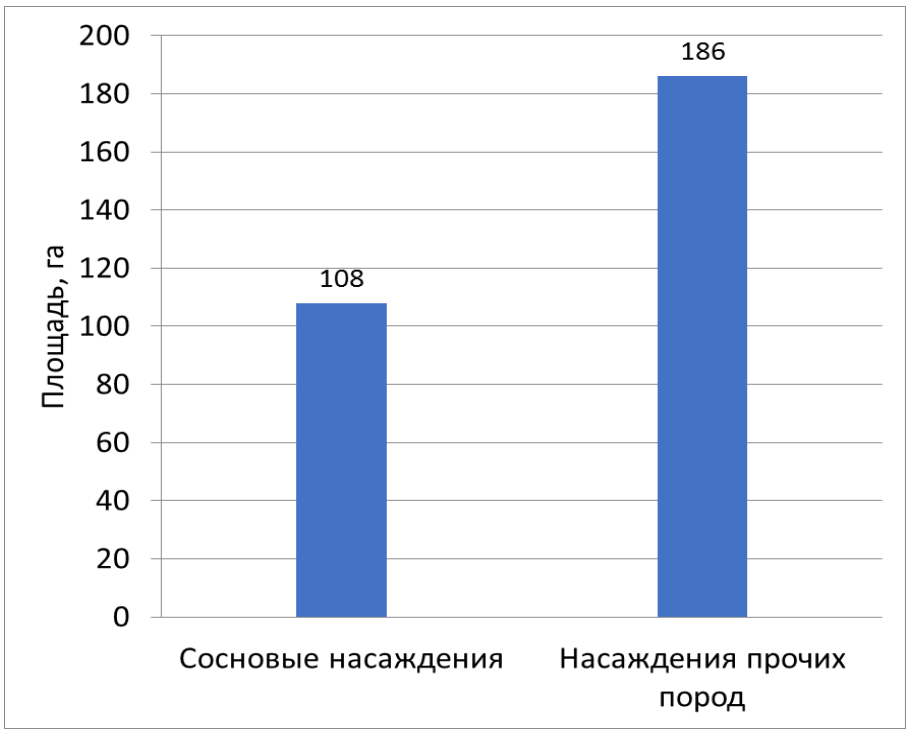


Рисунок 5. *Структура повреждённых ветровалом площадей в разрезе преобладающих древесных пород*
Figure 5. *Structure of forest windfall damaged areas in the context of dominant trees species*

Таблица 1. *Экономический ущерб хозяйственно-ценным лесным насаждениям изучаемого объекта (потери древесины)*
Table 1. *Economic damage to commercially valuable forest stands of the studied object*

Показатель	Сумма, тыс. руб.*
Общие потери древесины	2600
Затраты на ликвидацию ветровалов (уборка захламлённости)	6500
Затраты на лесовосстановление и агроуходы до возраста перевода в лесопокрытую площадь	3100
Итого	12200

* расчёт потерь древесины произведён по ставкам для средней категории крупности древесины при первом классе товарности; расчёт затрат на уборку захламлённости, лесовосстановление и агроуходы до возраста перевода в лесопокрытую площадь произведён в соответствии с утверждёнными в 2015-2016 гг. расценками на выполнение лесохозяйственных работ на территории Республики Мордовия

Хозяйственно ценными лесными насаждениями на территории изучаемого объекта являются сосновые насаждения. При изучении таксационных показателей оказалось, что повреждёнными оказались главным образом средневозрастные насаждения в возрасте от 41 до 60 лет. Ниже приводится таблица расчёта экономического ущерба хозяйственно ценным лесным насаждениям (таблица 1).

При подсчёте экономического ущерба нами не оценивались потери выполнения лесом биосферных функций (депонирование углерода, климаторегулирующая, водоохранная, водорегулирующая, рекреационная) и других функций (сбор дикоросов, грибов и т.п.). Таким образом, приведённая оценка ущерба от потерь древесины – лишь часть общего ущерба и, согласно литературным данным, должна быть выше. Например, согласно методике оценки способности лесных насаждений к депонированию углерода [Фадеев, 2009], в лесных насаждениях происходит связывание углекислого газа, по объёму почти в два раза превышающее показатель годичного прироста древесины на 1 га. Утрата этой функции повреждёнными насаждениями в границах данного участкового лесничества усугубляется тем, что повреждёнными оказались главным образом средневозрастные насаждения, характеризующиеся высоким годичным приростом.

ВЫВОДЫ

1) Исследования показали высокую значимость данных среднего разрешения Landsat 8 и программного комплекса ENVI для определения площадей ветровальных участков изучаемой территории;

2) Достоверность результатов оценки ущерба хозяйственно ценным лесным насаждениям подтверждена полевыми работами по отводу лесосек для проведения санитарно-оздоровительных мероприятий в лесах Старошайговского участкового лесничества Саранского территориального лесничества, выполненных в рамках государственных контрактов в 2015–16 гг.;

3) Общая площадь насаждений, поврежденных ветровалом, выявленных по снимку Landsat 8, равна 294 га. В структуре указанной площади доля сосновых насаждений составляет 108 га;

4) Ущерб сосновым насаждениям Старошайговского участкового лесничества составил 12,2 млн. руб.;

5) Использование данных среднего разрешения Landsat 8 в практике лесного хозяйства Республики Мордовия в совокупности с программными средствами обработки данных дистанционного зондирования и гис-технологиями не только позволит проанализировать объёмы ущерба лесному хозяйству, но и даст в перспективе возможность сделать пространственно-временной анализ частоты и плотности появления ветровальных участков на землях лесного фонда вследствие опасных метеоявлений (шквалов, смерчей и т.п.) с целью выработки лесоводственных рекомендаций для конкретных территорий при проектировании лесовосстановительных мероприятий и рубок ухода за лесами для создания ветроустойчивых насаждений с оптимальным породным составом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вдовин Е.С., Каверин А.В.* К вопросу оптимальной лесистости на территории Мордовии // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2015. – С. 59–63.
2. География Мордовской АССР / Ред. М.М. Голубчик, С.П. Евдокимов (отв. ред.) и др. – Саранск: Ид-во Мордов. ун-та, 1983. – 304 с.
3. *Курбанов Э.А, Воробьёв О.Н., Незамаев С.А. и др.* Тематическое картирование и стратификация лесов Марийского Заволжья по спутниковым снимкам Landsat // Вестник Поволжского государственного технологического университета. – Серия «Лес. Экология. Природопользование». – 2013. – № 3. – С. 82–92.
4. *Манухов В.Ф., Варфоломеева Н.А., Варфоломеев А.Ф.* Использование космической информации в процессе учебно-исследовательской деятельности студентов // Геодезия и картография. – 2009. – № 7. – С. 44–48.
5. *Росяйкина Е.А., Ивлиева Н.Г.* Обработка данных дистанционного зондирования земли в ГИС-пакете Arcgis [Электронный ресурс] // Огарёв-online. – Саранск, 2015. – № 4. – С. 1–9. – Режим доступа: http://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2015/02/Statya-Rosyajjkina-Ivlieva11.pdf.
6. *Фадеев А.Н., Жгулёва О.А.* Методика оценки способности лесных насаждений к депонированию углерода // Вестник МарГТУ. – 2009. – № 1. – С. 88–92.
7. *Шихов А.Н.* Оценка последствий стихийных природных явлений для лесных ресурсов Пермского края по многолетним рядам данных космической съёмки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2014. – Т. 11. – № 1. – С. 21–29.

Alexander V. Kaverin[1], Eugeny S. Vdovin[2]

THE USE OF LANDSAT SATELLITE IMAGES FOR ECONOMIC DAMAGE ASSESSMENT TO FORESTRY OF MORDOVIA DUE TO A FOREST WINDFALL

ABSTRACT

The damage caused by extreme weather events in some years exceeds the amount of logging even in areas of intensive forest management. So, on the example of the studied object on whose territory a windfall formed as a result of a squally wind, it has been shown as a rapid identification

[1] National Research Mordovian State University, Faculty of Geography; Saransk, Bolshevistskaya st, 68, 430005, Russia; *e-mail:* kaverinav@yandex.ru

[2] State Governmental institution of the Republic of Mordovia “Saransk territorial forestry”; Saransk, Chernyshevsky lane, 430005, Russia; *e-mail:* vdovin_evgenii@inbox.ru

and assessment of damaged forest areas allows one to carry out effective measures for forest protection and/or restoration. In its turn, the untimely information on negative changes in the forests may lead to a decrease in efficiency of sanitary and preventive measures and cause subsequent outbreaks of insect pests and increased fire danger.

The aim of our work is the mapping of the spatial distribution of forest windfall sites on the territory of Staroshaigovskoe district forestry of Saransk territorial forestry. As the source of information we used not only remote sensing data but also the results of the ground surveys of forest pest damaged areas. IsoData method was used for the unsupervised classification of images.

Only in the study area the damage was nearly 300 ha of stands, totally lost as a result of windfalls, which makes 1.5% of the district forestry area. Analysis of the features of spatial distribution of windfalls in the study area has been made, and based on actual source data a map has been compiled showing the distribution of the windfall formed on lands of the forest Fund as a result of a squally wind on the territory of the Republic of Mordovia on 21 June 2015, and the economic damages to forestry of the studied object calculated. A selective estimation of species composition and age structure of stands affected by forest windfalls has been made.

KEYWORDS:

forest windfall, mapping, remote sensing

REFERENCES

1. Vdovin E.S., Kaverin A.V. K voprosu optimalnoy lesistosti na territorii Mordovii [To the question of optimal forest on the territory of Mordovia] Ekologiya i prirodopolzovanie: prikladnyie aspektyi: materialyi V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnyim uchastiem, Ufa: BSPU, 2015, pp. 59–63 (in Russian).
2. Geografiya Mordovskoy ASSR [Geography of Mordovia Republic], Saransk: Publishing House of Mordovian state University, 1983, 304 p. (in Russian).
3. Kurbanov E.A.,Vorob'jov O.N., Nezamaev S.A. *et al.* Tematicheskoe kartirovanie i stratifikatsiya lesov Mariyskogo Zavolzhya po sputnikovyim snimkam Landsat [Thematic mapping and stratification of forests in Mari Zavolsgie by Landsat satellite images], Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. Seriya "Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie", 2013, No 3, pp. 82–92 (in Russian).
4. Manuhov V.F., Varfolomeeva N.A., Varfolomeev A.F. Ispolzovanie kosmicheskoy informatsii v protsesse uchebno-issledovatelskoy deyatelnosti studentov [The use of space-based information in the process of teaching and research activities of students] Geodeziya i kartografiya [Geodesy and cartography]. 2009, No 7, Pp. 44–48 (in Russian).
5. Rosyaikina E.A., Ivlieva N.G. Obrabotka dannyih distantsionnogo zondirovaniya zemli v gis-pakete Arcgis [Data processing of remote sensing in a GIS package Arcgis], Ogarev-online, Saransk, 2015, No 4, pp. 1–9. URL: http://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2015/02/Statya-Rosyajjkina-Ivlieva11.pdf (in Russian).
6. Phadeev A.N. Metodika ocenki sposobnosti lesnikh nasazhdenii k deponirovaniu ugleroda [The method of estimating the ability of forests to carbon sequestration], Vestnik MarGTU, 2009, No 1, pp. 82–92 (in Russian).
7. Shihov A.N. Ocenka posledstvii stihiinikh prirodnikh yavlenii dlya lesnikh resursov Permskogo kraya po mnogoletnim ryadam dannikh kosmicheskoi s'yomki [Assessment of consequences of the spontaneous natural phenomena for forest resources of Perm Krai on long-term sequences of data of space shooting] Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2014, No 1, pp. 21–29 (in Russian).

УДК 528.873.041.3 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-71-81

М.Ю. Грищенко[1], С.А. Буторина[2]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ СНИМКОВ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ (НА ПРИМЕРЕ ОСТРОВОВ БЕРИНГА И КУНАШИР)

АННОТАЦИЯ

Тепловые космические снимки являются перспективным источником информации о географических объектах; многие их дешифровочные свойства ещё не до конца изучены. В настоящей статье рассматриваются возможности дешифрирования растительного покрова и отдельных растительных сообществ по тепловым космическим снимкам с ресурсных спутников, т.е. снимков, характеризующихся пространственным разрешением 30-150 м. В работе использованы снимки со спутников Landsat 5, Landsat 7, Landsat 8 (съёмочные системы TM, ETM+, OLI, TIRS). Такие снимки позволяют изучать геосистемы на региональном уровне, на котором сосредоточена значительная часть географических исследований. В качестве исследуемых выбраны два участка на острове Кунашир (кальдера вулкана Головнина и район мысов Рогачёва и Геммерлинга) и один участок на острове Беринга (долина реки Буян и прилегающая водораздельная поверхность). Участки характеризуются высокой разнородностью растительного покрова, кроме того, важным фактором их выбора стало наличие большого объёма полевых материалов (геоботанических описаний), составленных сотрудниками и практикантами Курильского и Командорского им. С.В. Маракова заповедников. Всего обработано 37 космических снимков, которые были сгруппированы в многозональные файлы. Проведено сравнение результатов дешифрирования многозональных снимков с включением теплового канала и без него. В результате работы выявлена высокая эффективность применения тепловых снимков для дешифрирования некоторых сообществ, в частности кедрового стланика и кустарникового пойменного ивняка. Таким образом, тепловые космические снимки могут быть ценным дополнительным материалом при дешифрировании растительности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

тепловые космические снимки, Landsat, географическое дешифрирование, остров Кунашир, остров Беринга

ВВЕДЕНИЕ

Космические снимки в тепловом инфракрасном диапазоне (тепловые космические снимки) являются особым источником информации о географических объектах. На них находит отображение тепловое излучение объектов земной поверхности – явление, которое невозможно зафиксировать с помощью данных дистанционного зондирования других типов. В настоящее время тепловые снимки используются преимущественно для извлечения количественных характеристик, таких, как температура объектов. Однако на основе различий в яркости на тепловых снимках возможно получение качественной информации о географических объектах.

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1; Государственный природный заповедник «Курильский»; 694500, Россия, Сахалинская обл., пос. Южно-Курильск, Заречная ул., 5; *e-mail:* m.gri@geogr.msu.ru

[2] НИУ Высшая школа экономики; 101000, Россия, Москва, Мясницкая ул., 20; *e-mail:* sbutorina@yandex.ru.

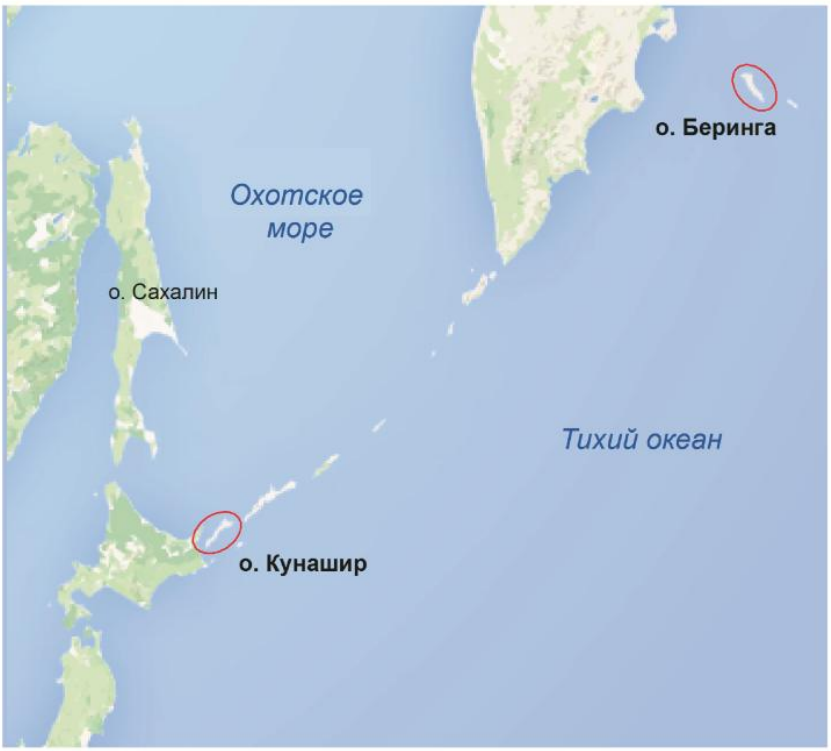


Рисунок 1. *Расположение исследуемых островов Беринга и Кунашир*
Figure 1. *Bering and Kunashir islands on the map*

Разные виды растительного покрова характеризуются различными тепловыми и излучательными свойствами, связанными с состоянием растительности, её видовым составом, проективным покрытием и т.п. Эти свойства находят отображение на тепловых снимках, в связи с чем их использование для дешифрирования растительного покрова представляется перспективным.

Для дешифрирования растительности на уровне геосистем оптимальными являются снимки с ресурсных спутников [Rodriguez-Galiano *et al.*, 2012]. Наиболее длительной программой ресурсной съёмки Земли является программа Landsat (съёмочные системы TM, ETM+, TIRS), имеющиеся в открытом доступе. Тепловые снимки используются с 1960-х годов, и наиболее проработанными являются исследования геосистем глобального уровня по снимкам низкого пространственного разрешения, а преобладающий подход состоит в извлечении значений температуры поверхности океана и суши. Исследования объектов земной поверхности и их свойств по тепловым снимкам с ресурсных спутников на региональном уровне развиты в существенно меньшей степени. Для дешифрирования растительности снимки в тепловом диапазоне используются не так широко, как снимки в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Несмотря на это, по ним могут быть выявлены некоторые особенности растительного покрова, которые не находят отображения на снимках, полученных в других частях спектра [Bluma *et al.*, 2013; Rogan *et al.*, 2013; Hulley *et al.*, 2014]. Растительность особенно хорошо опознаваема на тепловых космических снимках в период активной вегетации, когда она накапливает влагу и транспирирует. За счёт испарения влаги с поверхности листьев интенсивность теплового излучения понижается, и на снимках формируются тепловые минимумы [Srivastava *et al.*, 2009]. В холодное время года растительность поглощает и излучает тепло, что также находит отображение на тепловых снимках.

Рисунок 2. *Расположение выбранных для дешифрирования участков на о. Кунашир*
Figure 2. *Study areas on Kunashir Island*

В качестве объекта исследования выбрано несколько участков на островах Беринга и Кунашир (рисунок 1). Основанием для выбора исследуемых участков послужило наличие подробных полевых описаний растительности, составленных сотрудниками и практикантами Курильского и Командорского заповедников, а также значительное разнообразие растительных сообществ. На острове Беринга преобладают тундровые и травянистые сообщества, на острове Кунашир растительность представлена преимущественно широколиственными и темнохвойными лесами. Таким образом, выбранные участки позволяют достаточно полно оценить применимость выбранной методики для дешифрирования растительности разных типов.

Остров Кунашир – третий по величине и самый южный из островов Большой Курильской гряды, расположен в зоне умеренного влажного морского климата с выраженными муссонными свойствами. Он вытянут в направлении с юго-запада на северо-восток на 123 км в виде относительно узкой полосы шириной 8–11 км. Кунашир находится в зоне, характеризующейся высокой сейсмичностью и современным вулканизмом. Рельеф Кунашира носит преимущественно средне- и низкогорный характер.

Рисунок 3. *Расположение выбранного для дешифрирования участка на о. Беринга*
Figure 3. *Study area on the Bering Island*

На о. Кунашир выбрано 2 участка: первый – в южной части, в пределах кальдеры вулкана Головнина, второй – в северной части острова, в районе мыса Рогачёва и мыса Геммерлинга. Площади участков – 17 км^2 (северный), 18 км^2 (южный) (рисунок 2).

На южном участке, в кальдере вулкана Головнина, распространены следующие растительные сообщества: елово-пихтовые леса (*Abies sachalinensis, Picea jezoensis, Picea glehnii*), гленоельники (*Picea glehnii*), бамбучники (*Sasa kurilensis*), кедровый стланик (*Pinus pumila*), лиственные леса (преобладание *Betula ermanii* и *Quercus crispula*). В пределах рассматриваемого участка находятся кратерное озеро (оз. Кипящее) и кальдерное озеро (оз. Горячее). Озеро Кипящее расположено в юго-западной части кальдеры. Оно занимает кратерное понижение, и вода в нём подогревается газогидротермами и термальными источниками. Озеро Горячее находится в северо-восточной части кальдеры и занимает около трети площади её днища. Повышенную температуру имеют отдельные участки его акватории, связанные с придонными термальными источниками.

Растительный покров северного участка характеризуется преимущественно такими сообществами, как темнохвойные леса (*Abies sachalinensis, Picea jezoensis, Taxus cuspidata*), смешанные леса (*Abies sachalinensis, Picea jezoensis, Betula ermanii* и др.), заросли курильского бамбука (бамбучники, *Sasa kurilensis*) и долинные ольховые леса (*Alnus hirsuta*). Небольшим по размеру участком представлен кедровый стланик.

Остров Беринга входит в состав архипелага Командорские острова, который располагается в океаническом секторе умеренного пояса в южной части Берингова моря. Преобладающий рельеф острова – низко- и среднегорный.

Для дешифрирования растительности на о. Беринга выбран участок в северной части острова на побережье Берингова моря, к северу от реки Буян (рисунок 3). Площадь участка составляет 23 км^2. Растительный покров данной территории характеризуется мозаичностью – преобладают мелкоконтурные сочетания различных видов тундр (щебнисто-кустарничковой, кустарничковой, травянистой, заболоченной). Помимо тундровой растительности на участке в пойме реки Буян распространены кустарниковые ивняки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использованы снимки со спутников серии Landsat, полученные съёмочными системами TM, ETM+, OLI и TIRS в разные сезоны с 1999 по 2014 г. – всего 37 снимков. Отбирались снимки без облаков, тумана и дымки. Были задействованы каналы, наиболее информативные с точки зрения дешифрирования растительного покрова – красный, ближний инфракрасный (БИК), средний инфракрасный (средний ИК).

Другими источниками для проведения исследований послужили геоботанические описания, составленные сотрудниками и практикантами Курильского и Командорского заповедников, а также снимки сверхвысокого пространственного разрешения с картографических интернет-порталов, к примеру BingMaps.

После отбора и предварительной обработки снимков составлены многозональные снимки [Книжников и др., 1991]. Для сравнения составлены пары многозональных снимков - с участием теплового канала (красный, БИК и тепловой каналы) и без участия теплового канала (красный, БИК, средний ИК-каналы).

Далее для проведения контролируемой классификации выбраны эталонные участки. Точки геоботанических описаний использованы для создания эталонов при дешифрировании основных групп растительных сообществ по снимку сверхвысокого пространственного разрешения.

Классификация снимков проведена с использованием метода максимального правдоподобия (maximum likelihood classification) в программном пакете ArcGIS 10.2. Интерпретация результатов проведена с использованием снимка сверхвысокого пространственного разрешения и графиков спектральных образов дешифрируемых объектов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Южный участок на острове Кунашир (кальдера вулкана Головнина)

На участке в кальдере вулкана Головнина получены наиболее репрезентативные результаты дешифрирования благодаря значительному разнообразию растительных сообществ и наличию большого количества снимков за разные сезоны года.

На данном участке выделены: елово-пихтовые леса, гленоельники (монодоминантные лесные сообщества из ели Глена), бамбучники, заросли кедрового стланика, лиственные леса, участки открытого грунта, кратерное озеро (оз. Кипящее) и кальдерное озеро (оз. Горячее).

Одним из наиболее показательных оказался результат классификации снимка, полученного 19 сентября 2013 года со спутника Landsat 8. Это объясняется тем, что сентябрь на острове Кунашир является периодом активной вегетации растительности, а также высоким радиометрическим разрешением снимков со спутника Landsat 8.

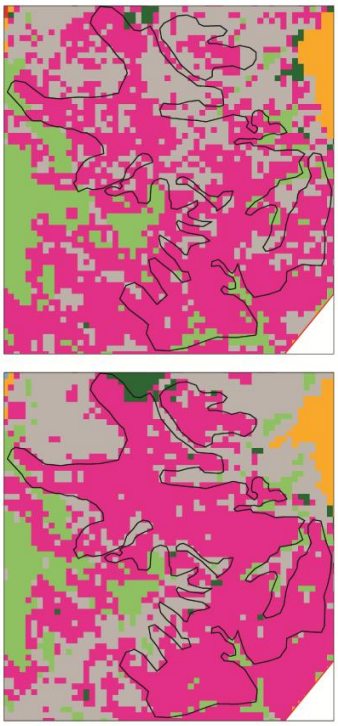


Рисунок 4. *Массив кедрового стланика (розовый цвет) к востоку от оз. Горячее на результатах автоматизированного дешифрирования многозональных снимков со спутника Landsat 8 за 19 сентября 2013 г., использованы каналы: сверху – (Red, NIR, SWIR), снизу – (Red, NIR, TIR)*
Figure 4. *Dwarf pine brushwood (colored pink) to the east of Goryacheye Lake as a result of Landsat 8 multispecral image interpretation (19.09.2013), channels used: top – (Red, NIR, SWIR), below – (Red, NIR, TIR)*

При классификации многозонального снимка с участием теплового канала (красный – Red, ближний ИК – NIR, тепловой ИК – TIR) кедровый стланик выделился более достоверно, чем без него (Red, NIR, средний ИК – SWIR) (рисунок 4). Таким образом, объекты, которые в видимом, ближнем и среднем ИК диапазонах имеют схожие характеристики, при добавлении информации об интенсивности их теплового излучения лучше дешифрируются. В данном случае благодаря различиям в тепловых и излучательных свойствах стланика и лиственного леса данные сообщества различаются достоверно.

При классификации многозональных снимков, полученных в теплое время года, при использовании теплового канала более достоверно различаются открытые (открытый грунт) и безлесный участки (бамбучники) и участки, покрытые густой растительностью (кедровый стланик, леса). Такие объекты по-разному нагреваются, соответственно интенсивность их теплового излучения также различна.

Выявлено, что на снимках, полученных зимой и весной, т.е. в период устойчивого снежного покрова, древесная растительность выделяется более достоверно по результатам дешифрирования многозональных снимков с участием теплового канала. В это время года различается интенсивность теплового излучения кедрового стланика и лиственных лесов, поскольку деревья способны накапливать и излучать тепло, в отличие от стланика, находящегося под снежным покровом. При этом в других диапазонах спектра различия в яркости этих сообществ незначительны. На приведённых схемах дешифрирования (рисунок 5) видно, что при классификации снимков с участием теплового канала выделились массивы лиственного леса (серый цвет) к востоку от озера Горячее.

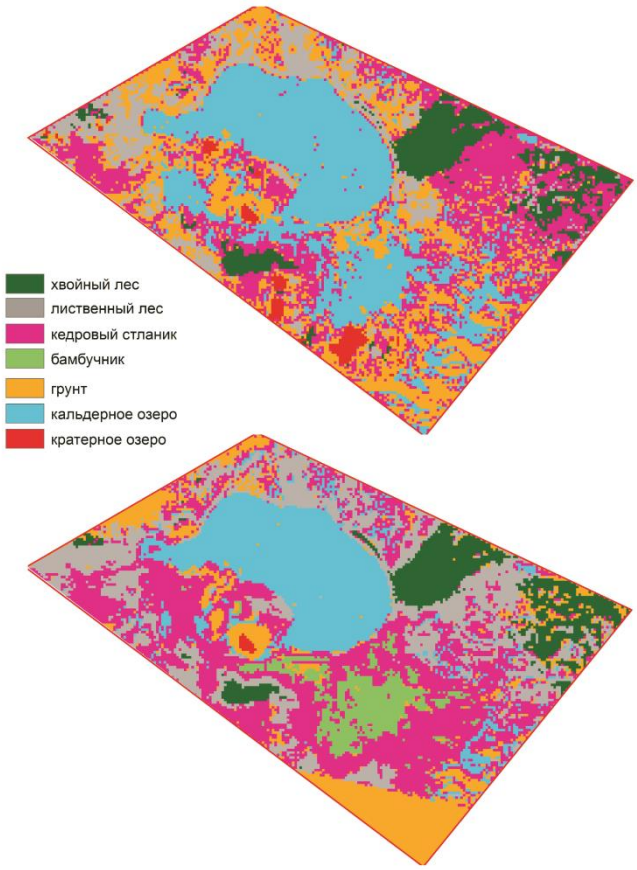


Рисунок 5. *Результаты автоматизированного дешифрирования, полученные по многозональному снимку системы TM за 22 января 2007 г., использованы каналы: сверху – (Red, NIR, SWIR), снизу – (Red, NIR, TIR)*
Figure 5. *Results of multispectral image interpretation (01.22.2007, sensor TM), channels: up – (Red, NIR, SWIR), below – (Red, NIR, TIR)*

Отмечены также преимущества использования тепловых снимков для дешифрирования объектов, не относящихся к растительности. При классификации многозональных снимков с участием теплового канала посторонние объекты в класс кратерного озера и в класс открытого грунта не попадают.

Северный участок на острове Кунашир

По результатам классификации многозональных снимков на данную территорию удалось выявить меньше преимуществ использования теплового канала для дешифрирования, чем на южном участке. Эта территория характеризуется меньшим разнообразием растительных сообществ.

Выделено три группы растительных сообществ: темнохвойные леса, бамбучники и ольховники. На рассматриваемой территории также произрастает смешанный лес, но отсутствуют участки чистых лиственных лесов для создания эталона.

При классификации многозонального снимка с участием теплового канала на летних снимках более достоверно выделяются участки ольховников на склонах долин (рисунок 6). Выявлено, что бамбучники выделяются более достоверно при классификации многозональных снимков, полученных в тёплое время года с участием теплового канала.

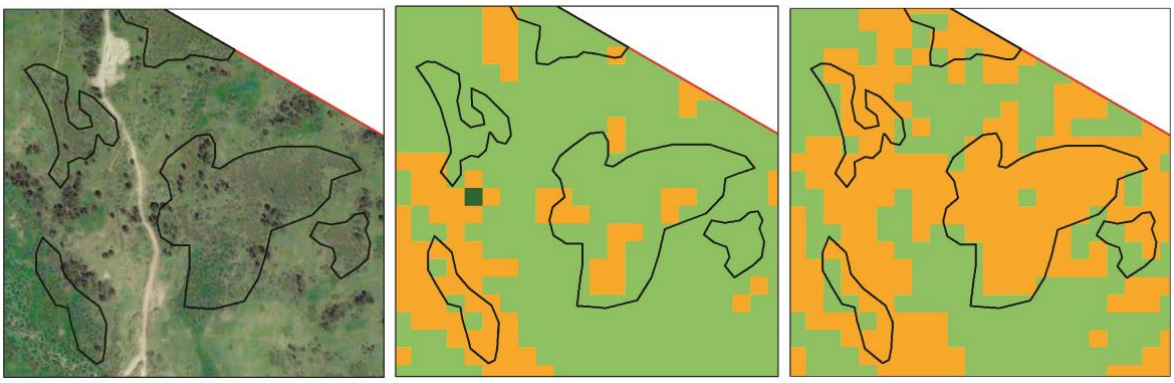


Рисунок 6. *Участки ольховника (оранжевый цвет) на склонах долин.*
Слева – снимок сверхвысокого пространственного разрешения,
синтезированный в натуральной цветопередаче;
посередине и справа – результаты дешифрирования многозонального снимка со спутника Landsat 8
(съёмочные системы OLI и TIRS), 2 июня 2014 г.:
посередине – каналы (Red, NIR, SWIR), справа – каналы (Red, NIR, TIR)

Figure 6. *Alder forests (coloured orange) on the slopes of the streams valleys.*
On the left side – image of very high spatial resolution in natural colours;
in the middle and on the right side – the results of the Landsat 8 (OLI and TIRS sensors)
multispectral image interpretation, June 02 2014):
in the middle – channels (Red, NIR, SWIR), on the right side – channels (Red, NIR, TIR)

Участок на острове Беринга, район реки Буян

Для растительного покрова выбранного участка на о. Беринга, как упоминалось выше, характерна мозаичность – преобладают мелкоконтурные сочетания различных видов тундры. Основываясь на данных полевых обследований, авторы выделили здесь щебнисто-кустарничковую, кустарничковую, травянистую, заболоченную тундру, а также долинные ивняки. Стоит отметить, что территория является весьма сложной в плане дешифрирования растительности. Пространственного разрешения теплового канала порой недостаточно для выделения небольших по площади тундровых сообществ.

Выявлено, что щебнисто-кустарничковые тундры преимущественно более достоверно выделяются при классификации летних многозональных снимков с участием теплового канала благодаря тепловым и излучательным свойствам открытого грунта.

Пойменная растительность, представленная ивняками (кустарниковая форма ивы), при классификации летних многозональных снимков с участием теплового канала дешифрируется достоверно, т.к. интенсивность её теплового излучения существенно ниже, чем у тундровых сообществ (рисунок 7). При классификации снимков без теплового канала не было получено ни одного варианта верного выделения пойменных ивняков.

При анализе результатов классификации летних многозональных снимков с участием теплового канала можно также выявить, что кустарничковые тундры достоверно отделяются от заболоченных и травянистых в связи с различным характером увлажнения.

Стоит отметить, что на результаты дешифрирования оказывает влияние экспозиция склонов. Склоны северной экспозиции при классификации некоторых снимков попали в класс ивняка, поскольку интенсивность теплового излучения, характерная для них, существенно ниже, чем на склонах экспозиции южных румбов.

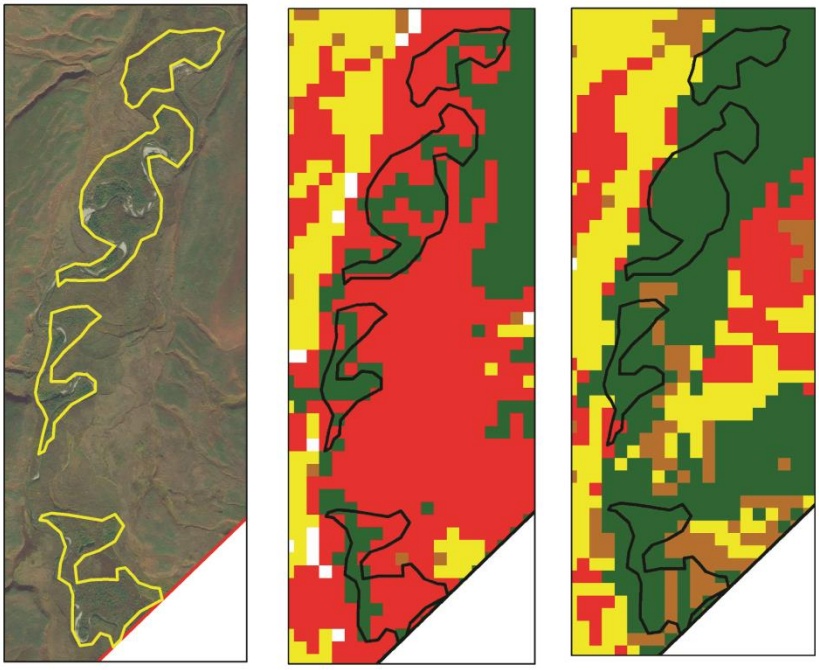


Рисунок 7. *Пойменный ивняк (выделен контуром) в долине реки Буян.*
Слева – снимок сверхвысокого пространственного разрешения, синтезированный в натуральной цветопередаче; посередине и справа – результаты дешифрирования многозонального снимка со спутника Landsat 8 (съёмочные системы OLI и TIRS), 31 августа 2014 г.:
посередине – каналы (Red, NIR, SWIR), справа – каналы (Red, NIR, TIR)

Figure 7. *Willow brushwood (outlined) in the river Buyan valley.*
On the left side – image of very high spatial resolution in natural colours;
in the middle and on the right side – the results of the Landsat 8 (OLI and TIRS sensors) multispectral image interpretation, August 31 2014):
in the middle – channels (Red, NIR, SWIR), on the right side – channels (Red, NIR, TIR)

ВЫВОДЫ

В ходе работы изучены возможности использования тепловых снимков для дешифрирования растительного покрова на территориях острова Беринга и острова Кунашир. Стоит отметить, что для разных типов растительности возможности использования тепловых снимков различаются. В целом, обобщая результаты работы, можно сделать следующие выводы:

1. Для хвойных и смешанных лесов Южных Курильских островов целесообразно использовать тепловой канал для дешифрирования сообществ кедрового стланика и лиственных лесов. При этом помимо снимков, полученных в период активной вегетации, для выделения лиственных лесов могут быть использованы зимние и весенние снимки. Для дешифрирования бамбучников использование теплового канала также представляется эффективным.

2. Для тундровых сообществ (о. Беринга) оправдано и эффективно использование теплового канала для дешифрирования щебнисто-кустарничковых и кустарничковых тундр, а также для выделения пойменной растительности, представленной долинными ивняками.

3. Использование теплового канала целесообразно для достоверного разделения объектов: воды, открытого грунта, растительного покрова.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность доктору географических наук, ведущему научному сотруднику лаборатории аэрокосмических методов кафедры картографии и геоинформатики географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Кравцовой В.И. за ценные советы

при обсуждении работы, а также сотрудникам и практикантам Курильского и Командорского имени С.В. Маракова заповедников Гавриловой В.И., Киселёвой А.Ю., Пестиной П.В., Петровой Н.А. за предоставленные геоботанические описания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И.* Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. – 206 с.
2. *Bluma M., Lenskya I.M., Nestel D.* Estimation of olive grove canopy temperature from MODIS thermal imagery is more accurate than interpolation from meteorological stations // Agricultural and Forest Meteorology. – 2013. – Vol. 176. – Pp. 90–93.
3. *Hulley G., Veraverbeke S., Hook S.* Thermal-based techniques for land cover change detection using a new dynamic MODIS multispectral emissivity product (MOD21) // Remote Sensing of Environment. – 2014. – Vol. 140. – Pp. 755–765.
4. *Rodriguez-Galiano V., Pardo-Iguzquiza E., Sanchez-Castillo M., Chica-Olmo M., Chica-Rivas M.* Downscaling Landsat 7 ETM+ thermal imagery using land surface temperature and NDVI images // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2012. – Vol. 18. – Pp. 515–527.
5. *Rogan J., Ziemer M., Martin D., Ratick S., Cuba N., De Lauer V.* The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data // Applied Geography. – 2013. – Vol. 45. – Pp. 49–57.
6. *Srivastava P.K., Majumdar T.J., Bhattacharya A.K.* Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data // Advances in Space Research. – 2009. – Vol. 43. – Pp. 1563–1574.

Mikhail Yu. Grishchenko[1], **Sofia A. Butorina**[2]

EVALUATION OF THE THERMAL INFRARED SATELLITE IMAGES APPLIANCE FOR VEGETATION INTERPRETATION (CASE STUDY OF BERING AND KUNASHIR ISLANDS)

ABSTRACT

Thermal infrared satellite images are a promising source of information about geographic objects; many of their interpretive features have not been fully examined yet. In this paper we study the possibility of revealing the vegetation cover and certain vegetation communities using thermal infrared satellite images acquired by resource satellites-images characterized by spatial resolution of 30-150 m. These images allow us to study geosystems at the regional level, where the significant part of geographical research is focused. As the study areas selected two sites on Kunashir Island (caldera of the Golovnin volcano and Rogachiov and Gemmerling capes environs and one site on Bering Island (Buyan river valley and its watershed). The area is characterized by high heterogeneity of vegetation cover; in addition, an important factor in this choice was a large number of geobotanical descriptions made up by employees and trainees of the Kurilsky and S.V. Marakov Komandorsky nature reserves. In total, there were processed 37 satellite images that were grouped into multispectral files. The results of interpretation of multispectral images with a thermal infrared channel and without it have been compared. As a result, the work showed a high efficiency of using

[1] M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory, 1; State nature reserve “Kurilsky”; 694500, Russia, Sakhalin Region, Yuzhno-Kurilsk, Zarechnaya st, 5;
e-mail: m.gri@geogr.msu.ru
[2] NRU Higher School of Economics; 101000, Russia, Moscow, Myasnitskaya st, 20; *e-mail:* sbutorina@yandex.ru

thermal infrared images to reveal some vegetation communities, particularly dwarf pine brushwood and floodplain willow shrub.

KEYWORDS:

thermal infrared images; Landsat; geographical interpretation of satellite images; Kunashir island; Bering island

REFERENCES

1. Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I. Aerokosmicheskie issledovaniya dinamiki geograficheskikh yavlenii [Aerospace researches of the geographical phenomena dynamics], Moscow: Izd-vo Mosk. un-ta, 1991, 206 p. (in Russian).
2. Bluma M., Lenskya I.M., Nestel D. Estimation of olive grove canopy temperature from MODIS thermal imagery is more accurate than interpolation from meteorological stations. Agricultural and Forest Meteorology, 2013, Vol. 176, pp. 90–93.
3. Hulley G., Veraverbeke S., Hook S. Thermal-based techniques for land cover change detection using a new dynamic MODIS multispectral emissivity product (MOD21). Remote Sensing of Environment, 2014, Vol. 140, pp. 755–765.
4. Rodriguez-Galiano V., Pardo-Iguzquiza E., Sanchez-Castillo M., Chica-Olmo M., Chica-Rivas M. Downscaling Landsat 7 ETM+ thermal imagery using land surface temperature and NDVI images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2012, Vol. 18, pp. 515–527.
5. Rogan J., Ziemer M., Martin D., Ratick S., Cuba N., De Lauer V. The impact of tree cover loss on land surface temperature: A case study of central Massachusetts using Landsat Thematic Mapper thermal data. Applied Geography, 2013, Vol. 45, pp. 49–57.
6. Srivastava P.K., Majumdar T.J., Bhattacharya A.K. Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. Advances in Space Research, 2009, Vol. 43, pp. 1563–1574.

УДК 551.467 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-81-92

В.А. Романюк[1], И.В. Еременко[2], В.М. Пищальник[3]

АНАЛИЗ МЕЖГОДОВОЙ И СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛЕДОВИТОСТИ В ЗАЛИВЕ АНИВА И ПРОЛИВЕ ЛАПЕРУЗА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

АННОТАЦИЯ

На основе данных спутниковых наблюдений за ледяным покровом с использованием геоинформационных технологий выполнен анализ межгодовой и сезонной изменчивости ледовитости в заливе Анива и проливе Лаперуза. Установлено, что за период с 1979 по 2016 г. в заливе Анива отмечается тенденция сокращения ледовитости на 2,5%, а в проливе Лаперуза – её увеличение на 11%. Выявлено, что залив Анива является единственной акваторией, в которой отмечена тенденция увеличения ледовитости. На основе анализа динамики аномалий ледовитости относительно климатической стандартной нормы 1981–2010 гг. выде-

---

[1] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru

[2] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru

[3] ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»; 693000, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru

лены периоды с преобладанием её положительных и отрицательных значений, а также годы с наиболее высокими и низкими значениями. Показано, что ледяной покров пролива Лаперуза и залива Анива имеет наибольшую взаимосвязь с ледовитостью в крайней южной части Охотского моря с коэффициентом корреляции 0.76 и 0.66 соответственно. Выполнена типизация зим по суровости ледовых условий, согласно которой определено, что в заливе Анива сумма суровых и экстремально суровых типов зим выше, чем в проливе Лаперуза. Анализ внутрисезонного хода ледовитости позволил определить средние даты появления и исчезновения льда залива Анива и пролива Лаперуза, а также продолжительность ледового периода. Для залива Анива характерно практически полное заполнение льдом, которое происходит здесь в суровые зимы с 10 февраля по 10 марта. Пролив Лаперуза в суровые зимы заполняется льдом только на 70% – с 15 по 25 февраля.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

залив Анива, пролив Лаперуза, ледовитость, дистанционное зондирование Земли, безопасность мореплавания

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение безопасности мореплавания в ледовых условиях является одной из важнейших задач как при транспортировке, так и при добыче нефти газа и биологических ресурсов Мирового океана. Залив Анива является «транспортной» артерией о. Сахалин. Здесь располагаются два крупнейших морских порта – Пригородное и Корсаков – с суммарной пропускной способностью более 30 млн. тонн в год. Через пролив Лаперуза проходят основные судоходные маршруты между Сахалинской областью и странами Азиатско-Тихоокеанского региона. Сложные ледовые условия в этих акваториях могут негативно влиять на внешнеэкономическую деятельность островного региона, а также повышают риск повреждения нефте- и газоналивных танкеров, создавая тем самым угрозу возникновения загрязнения окружающей среды. Как показано в работах Пищальника и др. [2017], межгодовая изменчивость и типы зим в разных районах Охотского моря могут существенно различаться. Поэтому изучение межгодовой изменчивости ледовитости в заливе Анива и проливе Лаперуза имеет особый интерес. Кроме того, наличие данных спутниковых наблюдений и специальных программных комплексов даёт возможность детально изучить ледовитость исследуемых районов и получить как научные, так и практически значимые результаты.

Целью настоящей работы является исследование межгодовой и сезонной изменчивости ледовитости в заливе Анива и проливе Лаперуза с использованием геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования Земли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По способам получения информации наблюдения за площадью ледяного покрова можно разделить на 3 этапа: судовые, авиационные и спутниковые [Плотников, 2002]. На регулярной основе спутниковая информация о ледовитости Охотского моря начала поступать с 1971 г., и в настоящее время именно она является основным источником информации. С 1978 г. с помощью спутниковых наблюдений в микроволновой области спектра, на которую практически не влияют погодные условия и освещённость, определяется сплочённость льда. Оценка точности расчётных данных ДДЗ, полученных за период времени совместного выполнения авиационных и спутниковых наблюдений (с 1971 по 1992 г.) в Охотском море, показала, что после появления на ИСЗ нового поколения спектрорадиометров (с конца 1980-х годов) величина ошибки определения площади льда разными методами не превышала 2% [Пищальник и др., 2016].

Несомненным достоинством спутниковых наблюдений является выполнение съёмок всей акватории моря в режиме реального времени, т.е. эти данные не имеют искажений, связанных с асинхронностью выполняемых наблюдений. Например, данные авиационных ледо-

вых разведок приводились на середину декады [Плотников и др., 1998], а судовых – на середину месяца [Крындин, 1964].

В рамках выполненных исследований площадь ледяного покрова для интересующего района рассчитывалась за период 1979-2016 гг. один раз в пентаду с помощью разработанного в Сахалинском государственном университете программного комплекса «ЛЁД» с использованием цветокодированных карт-схем ледяного покрова, представляемых JMA в режиме свободного доступа [http://www.data.jma.go.jp]. По полученным данным рассчитывались аномалии ледовитости относительно климатической стандартной нормы 1981-2010 гг.

Величина ледовитости за ледовый сезон рассчитывалась отдельно для залива Анива и пролива Лаперуза путём осреднения значений вычисленных площадей ледяного массива с января по март. Для корректного проведения сравнительного анализа ледовитость вычислялась в процентах как отношение площади, занятой льдом, к площади каждого из интересующих районов, границы которых определялись согласно «Границы океанов и морей» [2000]. При анализе внутрисезонного хода ледовитости в интересующих акваториях значения ледовитости рассчитывались за период с 1979 по 2016 г. с учётом типизации зим по суровости ледовых условий.

Типизация зим по суровости ледовых условий в исследуемом районе осуществлялась по вычисленным значениям средней за ледовый сезон ледовитости с ранжированием на 5 типов: экстремально суровые (ЭС), суровые (С), умеренные (У), мягкие (М) и экстремально мягкие (ЭМ) [Пищальник и др., 2017].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Образование, развитие и разрушение ледяного покрова в заливе Анива и проливе Лаперуза имеют свои характерные особенности. В Заливе Анива развит ледяной покров в основном местного происхождения, что обусловлено особенностями конфигурации его береговой линии и ветрового режима. Большую часть ледового сезона здесь преобладают молодые льды. В проливе Лаперуза ледяной массив формируется за счёт дрейфующего с севера льда, преимущественно льда. При преобладающих южных и юго-восточных ветрах ледяной массив, располагающийся в проливе Лаперуза, может попадать в залив Анива и создавать неблагоприятные для мореплавания ледовые условия. Процесс наполнения пролива Лаперуза морским льдом может периодически прерываться при прохождении глубоких барических образований с сильными ветрами западных и северо-западных румбов, а также зависеть от интенсивности течения Соя.

Многолетние изменения площади морского льда в заливе Анива предоставлены на рисунке 1. В целом с 1979 по 2016 г. площадь морского льда увеличилась на 2.5%, или 0.16 тыс.км^2. Стоит отметить, что тенденции изменения ледовитости в различных районах Охотского моря указывают на сокращение площади морского льда [Минервин и др., 2015; Пищальник и др., 2017]. Таким образом, залив Анива является единственной акваторией, в которой отмечено увеличение ледовитости за последние 37 лет. Наибольшие значения средней за сезон ледовитости отмечались в 1986 (33%), 2001 (32%) и 2012 гг. (62%). Самыми малоледовитыми были зимы 1989 и 1991 гг., когда в среднем ледовитость составляла 6 и 4% соответственно.

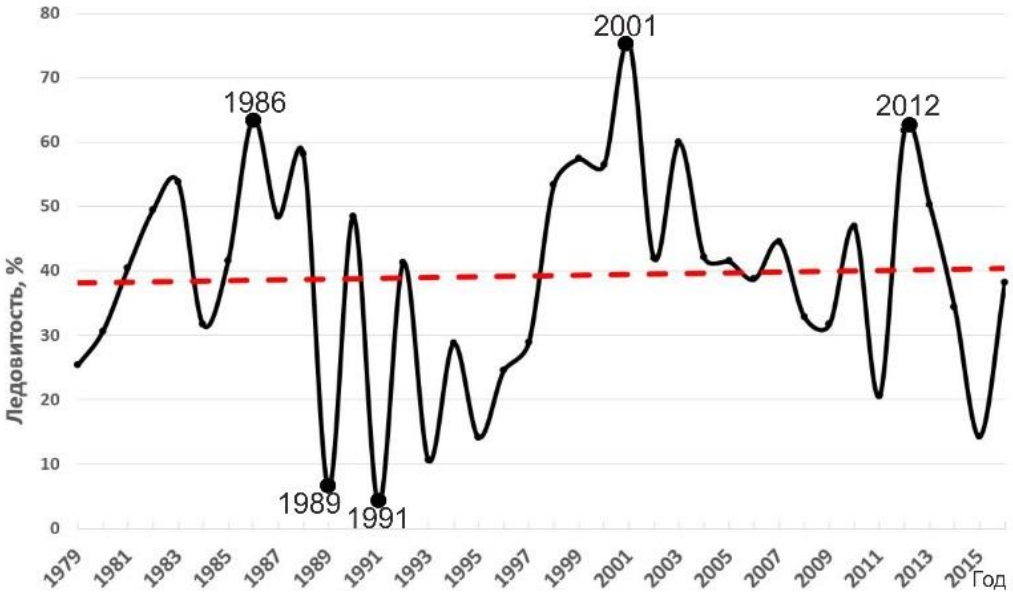


Рисунок 1. *Многолетние изменения ледовитости в заливе Анива и значимый на 95%-ном уровне линейный тренд (пунктир) за период 1979-2016 гг.*
Figure 1. *Long-term changes in ice cover in Aniva Bay and a significant at 95% level linear trend (dashed line) for the period 1979-2016*

Межгодовая изменчивость ледовитости в проливе Лаперуза (рисунок 2) за весь исследуемый период имеет тенденцию сокращения, которая составляет 11%, или 0.8 тыс. км^2. Наибольшая средняя за сезон ледовитость так же, как и в заливе Анива, отмечалась в зимы 1986 и 2001 гг. и составляла 64 и 74% соответственно. Меньше всего льда было в 1989 и 2011 гг., когда в среднем ледовитость не превышала 5%.

Для выявления взаимосвязи изменчивости площади ледяного покрова между отдельными районами Охотского моря [Пищальник и др., 2017] был выполнен корреляционный анализ при 95%-ном уровне значимости (таблица 1). Зависимость ледовитости залива Анива и пролива Лаперуза, несмотря на их близкое друг к другу местоположение, выражается коэффициентом корреляции 0.66. Данное обстоятельство говорит о том, что площадь ледяного покрова залива Анива не зависит от количества, поступающего с севера льда. Ледяной покров пролива Лаперуза имеет наибольшую взаимосвязь с ледовитостью в крайней южной части Охотского моря [Минервин и др., 2015] с коэффициентом корреляции 0.76. Такая высокая взаимосвязь обусловлена прежде всего близкими и достаточно однородными условиями формирования ледяного массива в этих районах. Крайний южный район моря является своего рода ловушкой для дрейфующего с севера льда. После того как он наполнится льдом на 70-80% (обычно это происходит в начале февраля), дрейфующий лёд начинает поступать в пролив Лаперуза и при достаточном его запасе выноситься в Японское море.

При преобладающих южных и юго-восточных ветрах ледяной массив, располагающийся в проливе Лаперуза, может попадать в залив Анива. В межгодовой изменчивости аномалий ледовитости залива Анива выделяются периоды с преобладанием их положительных (1979–1988 гг., 1998–2005 гг.) и отрицательных (1989–1997 гг., 2008–2016 гг.) значений. График, представленный на рисунке 3, демонстрирует, что с 1979 г. экстремально ледовые сезоны с положительной аномалией ледовитости более 10% приходились на 1983, 1986, 1988, 1998–2001 и 2012 гг.

Таблица 1. *Коэффициенты корреляции ледовитости в различных районах Охотского моря*
Table 1.*Coefficients of ice cover correlation in different areas of the Sea of Okhotsk*

	Охотское море в целом	**Залив Анива**	**Пролив Лаперуза**	Южная часть	Крайняя южная часть	Северная часть
Охотское море в целом	1					
Залив Анива	0.42	1				
Пролив Лаперуза	0.56	0.66	1			
Южная часть	0.88	0.56	0.66	1		
Крайняя южная часть	0.61	0.65	0.76	0.83	1	
Северная часть	0.97	0.32	0.46	0.75	0.45	1

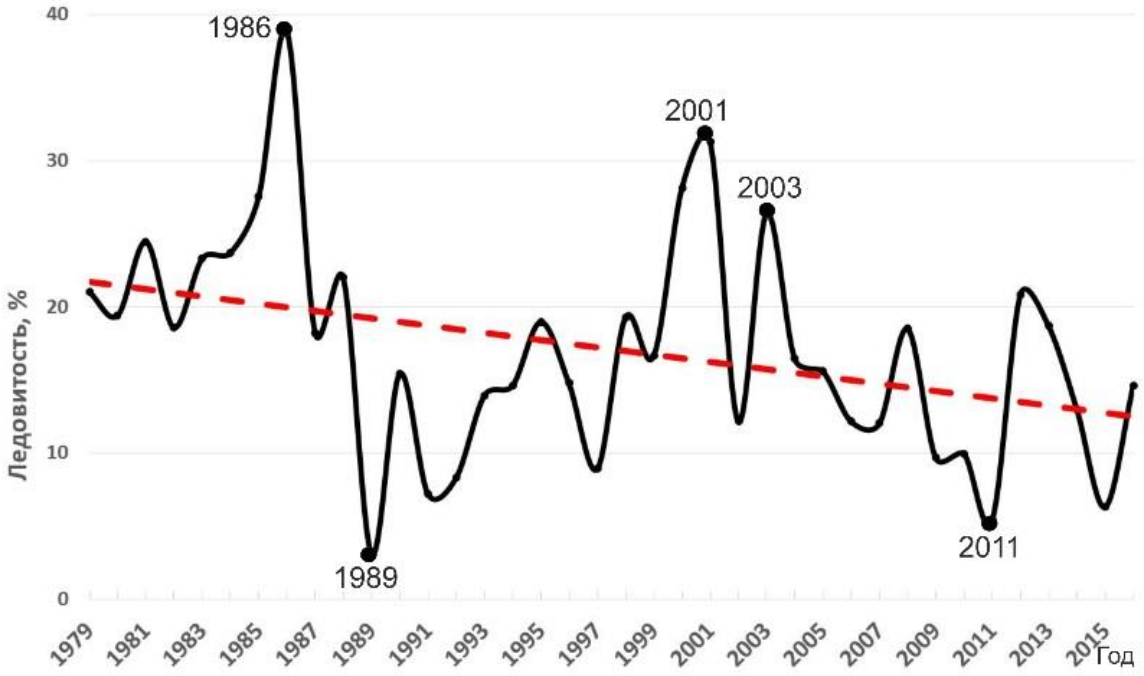


Рисунок 2. *Многолетние изменения ледовитости в проливе Лаперуза и значимый на 95% уровне линейный тренд (пунктир) за период 1979-2016 гг.*
Figure 2. *Long-term changes in ice cover in La Perouse Strait and a significant at 95%-ном level linear trend (dashed line) for the period of 1979-2016*

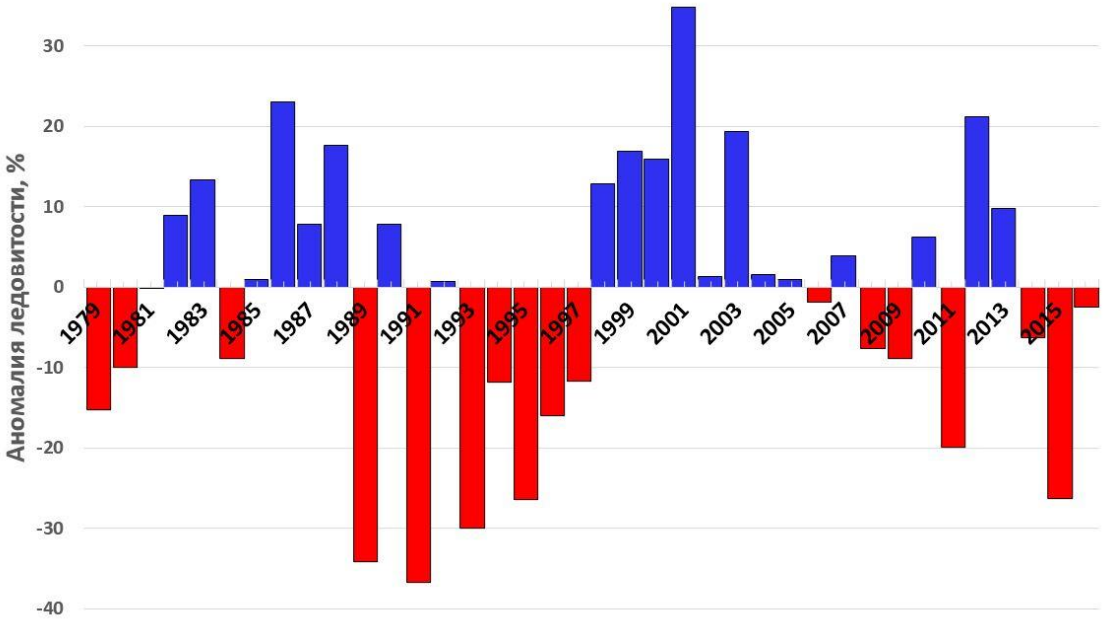


Рисунок 3. *Изменение аномалий ледовитости в заливе Анива относительно климатической стандартной нормы 1981-2010 гг.*
Figure 3. *Changes in the anomalies of ice cover in the Aniva Bay with respect to the climatic standard norm of 1981-2010*

Экстремально малоледовитые сезоны (более чем на 10% ниже нормы) были в 1979, 1989, 1991, 1993–1997, 2011 и 2015 гг. Также выделяются продолжительные периоды сохранения положительных (1998–2005 гг.) и отрицательных (1991–1997 гг. – за исключением 1992 г.) аномалий параметра, в которых зафиксированы максимум в 2001 г. и минимум в 1991 г. с отклонением более чем на 30% от среднемноголетнего значения. Период времени с 2006 по 2016 г. в заливе Анива характеризуется неустойчивым изменением площади ледяного покрова. Наиболее суровой по ледовым условиям в этом временном промежутке была зима 2012 г. с положительной аномалией ледовитости чуть более 20%, наиболее мягкой – зима 2015 г. с отрицательной аномалией более 25%. Стоит отметить, что в 2015 г. была зафиксирована самая низкая за всю историю наблюдений средняя за сезон ледовитость Охотского моря в целом [Пищальник и др., 2016].

Межгодовая изменчивость аномалий ледовитости в проливе Лаперуза представлена на рисунке 4. На графике видно, что с 1979 по 1988 г. площадь льда в проливе была выше нормы. Абсолютный максимум ледовитости за весь исследуемый период пришелся на 1986 г. с положительной аномалией более 30%. Для временного отрезка 1989–1997 гг. характерно преобладание отрицательных значений аномалий с абсолютным минимумом ледовитости в 1989 г. (-23%). С 1998 по 2003 г. в исследуемой акватории отмечалось увеличение площади ледяного покрова с преобладанием положительных аномалий ледовитости. Одной из особенностей многолетней изменчивости ледовитости пролива Лаперуза является продолжительный период преобладания отрицательных аномалий с 2004 по 2016 г. (за исключением 2012 и 2013 гг.). Как показано в работе [Цыпышева и др., 2016], суровые ледовые условия в 2012 и 2013 гг. в северо-западной части Охотского моря и в Татарском проливе обусловлены северо-западным положением охотского тропосферного циклона, интенсивность которого влияет на термические условия указанных акваторий. Выполненный анализ межгодовой изменчивости аномалий ледовитости в заливе Анива и проливе Лаперуза позволил определить, что в этих акваториях на фоне преобладания отрицательных аномалий площади ледяного покрова в 2012 и 2013 гг. отмечались их положительные значения со значениями более 20%. Наиболее суровые ледовые условия в эти годы были в заливе Анива, когда его акватория была полностью покрыта льдом с начала февраля по середину марта со средней аномалией

ледовитости более 15%. Таким образом, можно сделать вывод о том, что северо-западное положение охотского тропосферного циклона способствует развитию суровых ледовых условий не только в северо-западной часть Охотского моря и Татарском проливе, но и в заливе Анива и проливе Лаперуза.

Подробный анализ повторяемости типов зим по суровости ледовых условий как для всего Охотского моря, так и для отдельных районов его районов за период 1979–2015 г. был выполнен в работе [Пищальник и др., 2017]. Согласно районированию Охотского моря по ледово-географическим признакам, залив Анива и пролив Лаперуза относятся к 3 иерархическому уровню [Минервин и др., 2015], в рамках которого и был выполнен дальнейший анализ.

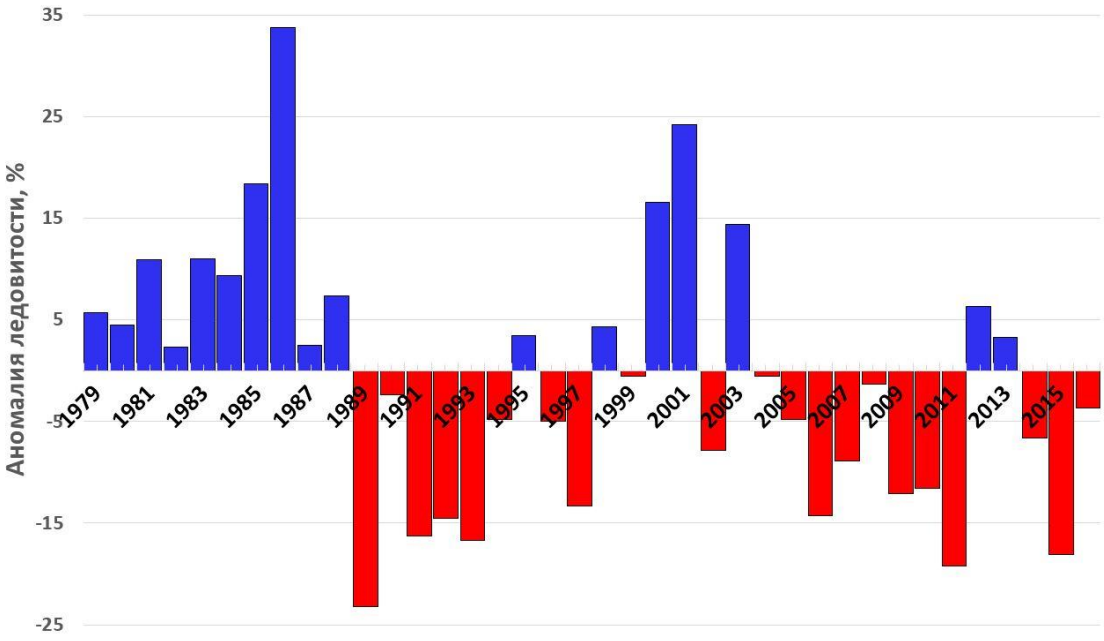


Рисунок 4. *Изменение аномалий ледовитости в проливе Лаперуза относительно климатической стандартной нормы 1981-2010 гг.*
Figure 4. *Changes in the anomalies of ice cover in the Strait of La Perouse relative to the climatic standard norm of the period 1981-2010*

Из анализа данных следует, что ледовые условия в исследуемых районах, несмотря на их смежное положение, существенно различаются. Совпадение типов зим в этих районах происходило 12 раз в течение 38-летнего рассматриваемого временного интервала. Данное явление характерно для всех типов зим, однако наиболее часто оно фиксировалось в умеренные (У) (2004, 2005, 2008 и 2016 гг.) и суровые (С) (1983, 1988 и 2003 гг.) зимы. Стоит отметить, что в 1979, 1984 и 2010 гг. в исследуемых акваториях типы зим существенно различались – в одном из районов фиксировалась суровая зима, а в другом мягкая и наоборот.

В работе [Минервин и др., 2015] показано, что наиболее продолжительный период отрицательных аномалий ледовитости Охотского моря наблюдался с 2004 по 2015 г. В этот экстремально тёплый период сумма мягких (М) и экстремально мягких (ЭМ) типов зим достигала 86%, в то время как положительные аномалии практически отсутствовали. За аналогичный период в заливе Анива сумма М и ЭМ типов зим составляла чуть более 20%, а в проливе Лаперуза около 55%. Данный факт ещё раз подтверждает сделанный ранее вывод о том,

что ледовый режим залива Анива имеет особый характер, сильно отличающийся от режима как всего Охотского моря, так и его отдельных частей.

Распределение типов зим в исследуемых районах по выделенным градациям за период 1979–2016 гг. представлено на рисунке 5. Суммарная повторяемость ЭС и С типов для залива Анива и пролива Лаперуза составляет 37 и 29% соответственно. Повторяемость умеренных типов зим в исследуемых районах варьирует от 29% (залив Анива) до 37% (пролив Лаперуза). Сумма ЭМ и М типов зим одинакова в обоих районах и составляет 34%. Из сказанного выше следует, что наиболее суровым с точки зрения площади морского льда является залив Анива, а использовать для анализа ледовых условий такой критерий, как «тип зимы», необходимо с осторожностью, т.к. в каждом районе можно выделить группу факторов, которые в конечном итоге и определяют тип зимы в конкретном районе в конкретный временной отрезок.

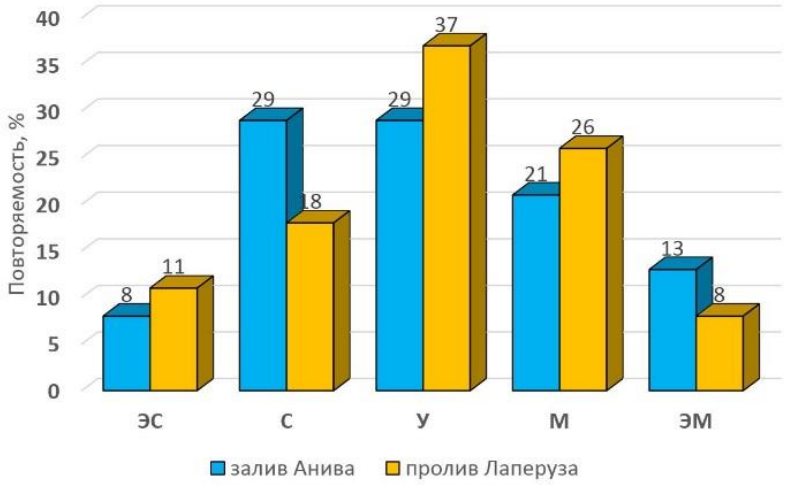


Рисунок 5. *Повторяемость типов зим в заливе Анива и проливе Лаперуза за период 1979-2016 гг.*
Figure 5. *Repeatability of types of winters in Aniva Bay and La Perouse Strait over the period of 1979-2016*

Даты наступления ледовых фаз в заливе Анива и проливе Лаперуза были определены с учётом дискретности наблюдений (таблица 2). За период с 1979 по 2016 г. самое раннее образование ледяного покрова в заливе Анива было зафиксировано 25 декабря 2001 г., самое позднее – 31 января 1982 г. В среднем за весь исследуемый период лёд здесь появляется 15 января. В проливе Лаперуза самое раннее появление ледяного покрова (05 января) было отмечено в ЭС зимы 1986, 2000 и 2001 гг. Позднее всего процесс ледообразования начинался 31 января 1988 г., а в среднем появление морского льда наблюдается 15 января. Среднее, раннее и позднее очищение ото льда в заливе Анива и проливе Лаперуза происходит практически одновременно (+ -5 сут). В среднем ледовый период для обеих акваторий составляет от 85 (залив Анива) до 90 сут. Самый продолжительный ледовый сезон в заливе Анива был в 2005 году и длился около 140 сут. (с 31 декабря по 20 мая); в проливе Лаперуза в 2001 году – с продолжительностью около 125 сут. (5 января по 10 мая). Самый непродолжительный ледовый сезон в исследуемых акваториях наблюдался в зимы 1987 и 2011 г. и (45–50 сут.). Таким образом, можно заключить, что в большинстве случаев продолжительность ледового сезона не зависит от типа зимы по суровости ледовых условий.

Таблица 2. *Даты наступления ледовых фаз в заливе Анива и проливе Лаперуза*
Table 2. *The dates of ice phases starting in Aniva Bay and La Perouse Strait*

Характерные даты	**Появление льда**	**Очищение ото льда**	**Ледовый период (сут.)**
Залив Анива			
Средняя	15.01	10.04	85
Ранняя	25.12	10.03	75
Поздняя	31.01	20.05	110
Пролив Лаперуза			
Средняя	15.01	15.04	90
Ранняя	5.01	10.03	65
Поздняя	31.01	15.05	105

Особенности сезонного хода ледовитости в заливе Анива и проливе Лаперуза предоставлены на рисунке 6. Для лучшего восприятия графической информации, расчёты средних значений ледовитости в исследуемых районах за период 1979–2016 гг. выполнены для основных типов зим – суровых, умеренных и мягких. На графиках хорошо видны различия в характере заполняемости льдами исследуемых районов. Практически полное заполнение акватории льдом (~99%) отмечается только в заливе Анива в суровые зимы. Период времени, когда максимальная ледовитость здесь превышает 90% от общей площади района, составляет около 30 сут. (с 10 февраля по 10 марта). В проливе Лаперуза полного заполнения льдом не происходит: в суровые зимы максимальное заполнение льдом (около 70%) здесь наблюдается с 15 по 25 февраля.

Явно выраженные колебания площади морского льда в течение ледового сезона наблюдались во все основные типы зим. Такие резкие колебания ледовитости вызваны воздействием глубоких циклонов с сильными ветрами восточных румбов, влияние которых обусловливает смену направления дрейфа льда, его сжатие и торошение. Обширные прибрежные полыньи, заполненные начальными видами льда, закрываются, и площадь массива может уменьшаться на 10-15% в течение 5–10 сут.

ВЫВОДЫ

1. Впервые выполнен анализ межгодовой и сезонной изменчивости ледовитости залива Анива и пролива Лаперуза с использованием данных дистанционного зондирования Земли и геоинформационных технологий за период с 1979 по 2016 г.

2. Показано, что географическое положение и особенности орографии береговой линии залива Анива формируют здесь особые ледовые условия. Эта акватория является единственной, в которой отмечена тенденция увеличения ледовитости (2.5% за последние 37 лет). Наиболее суровый период в заливе Анива был с 1998 по 2005 г., когда средняя аномалия ледовитости составляла 13%; наиболее малоледовитый – с 1989 по 1997 г. со средним значением аномалии около -17%.

3. Ледовитость пролива Лаперуза формируется исключительно за счёт поступления однолетних льдов с северно-западной части Охотского моря и залива Терпения. За период с 1979 по 2016 гг. площадь ледяного покрова пролива сократилась на 11% и вполне согласуется с общим сокращением ледовитости Охотского моря, которое составляет 15%.

4. Выполненная типизация зим по суровости ледовых условий позволила определить, что в заливе Анива сумма суровых и экстремально суровых типов зим выше, чем в проливе Лаперуза – 37 и 29% соответственно.

5. Средняя продолжительность ледового сезона в заливе Анива и проливе Лаперуза составляет 85 и 90 сут. соответственно. Самыми продолжительным в заливе Анива был ледовый сезон 2005 г. (140 сут.), самым непродолжительным 1987 г. (45 сут.).

6. Практически полное заполнение акватории льдом (~99%) отмечается только в заливе Анива в суровые зимы. Период времени, когда максимальная ледовитость здесь превышает 90% от общей площади района, составляет около 30 сут. (с 10 февраля по 10 марта). В проливе Лаперуза полного заполнения льдом не происходит: в суровые зимы максимальное заполнение льдом (около 70%) здесь наблюдается с 15 по 25 февраля.

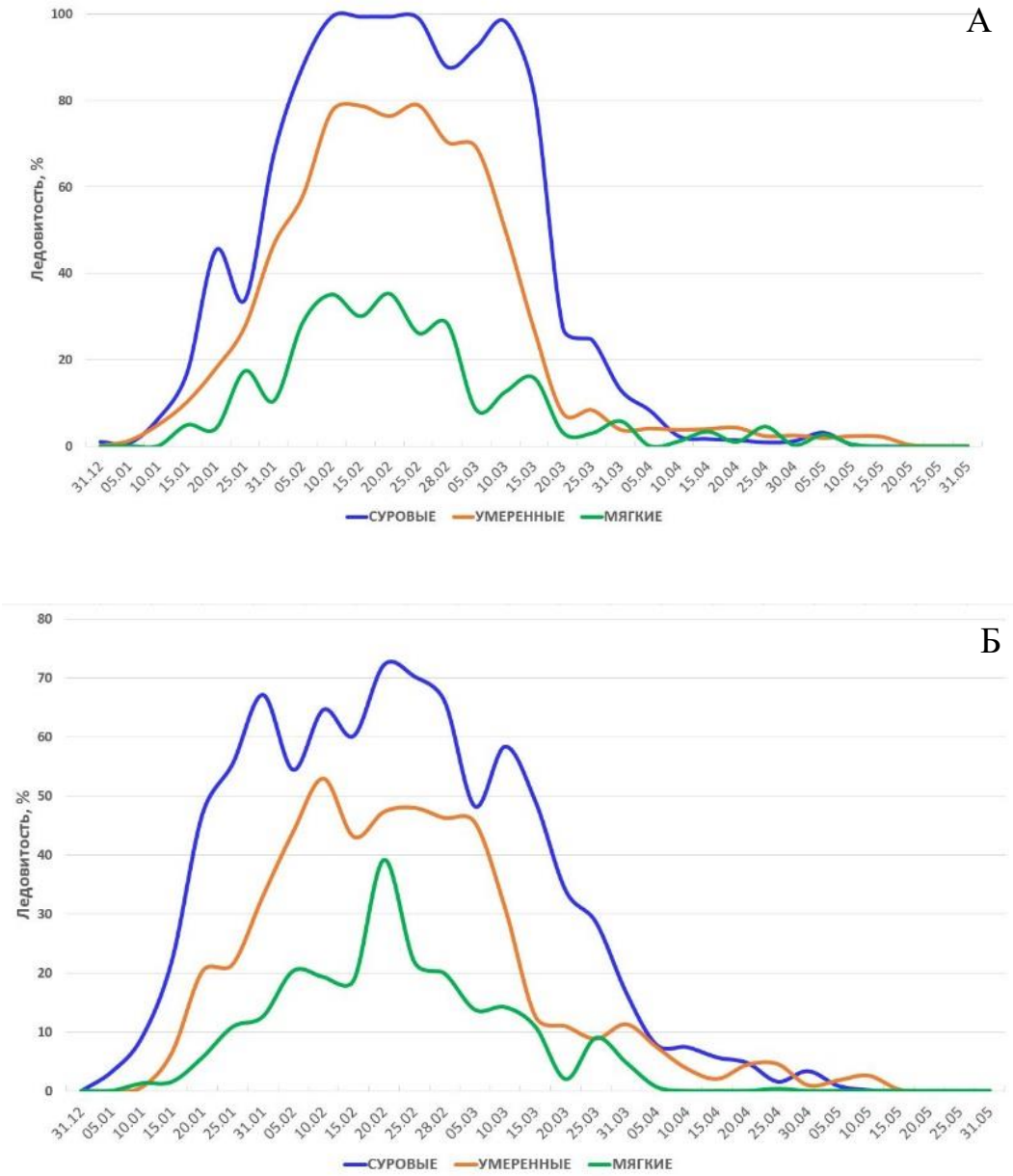


Рисунок 6. *Сезонный ход средних значений ледовитости для основных типов зим в заливе Анива (А) и проливе Лаперуза (Б) за период 1979–2016 гг.*

Figure 6. *Seasonal course of the mean values of ice cover for the main types of winters in Aniva Bay (A) and La Perouse Strait (B) for the period of 1979–2016*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Границы океанов и морей. – № 9031. – СПб., ГУНиО МО, 2000. – С. 127–137.
2. *Крындин А.Н.* Сезонные и межгодовые изменения ледовитости и кромки льда на дальневосточных морях в связи с особенностями атмосферной циркуляции // Тр. ГОИН. – 1964. – С. 5–81.
3. *Минервин И.Г., Романюк В.А., Пищальник В.М., Трусков П.А., Покрашенко С.А.* Районирование ледяного покрова Охотского и Японского морей // Вестник РАН, 2015. – Т. 85. – № 3. – С. 209–217.
4. *Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С.* Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 гг. // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 185. – С. 228–239.
5. *Пищальник В.М., Минервин И.Г., Романюк В.А.* Анализ изменений ледового режима в отдельных районах Охотского моря в период потепления с 1979 по 2015 гг. // Вестник РАН, 2017. – Т. 87. – № 1. – С. 430–441.
6. *Плотников В.В.* Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 172 с.
7. *Плотников В.В., Якунин Л.П., Петров В.А.* Ледовые условия и методы их прогнозирования // Проект «Моря». Гидрология и гидрохимия морей. Том IX. Охотское море. – Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1998. – С. 291–340.
8. *Цыпышева И.Л., Муктепавел Л.С., Цициашвили Г.Ш., Шатилина Т.А., Радченкова Т.В.* Особенности изменчивости ледовитости в Татарском проливе (Японское море) в связи с региональной атмосферной циркуляцией // Изв. ТИНРО. – 2016. – Т. 184. – С. 135–149.

Valeriy A. Romanyuk[1], Irina V. Eremenko[2], Vladimir M. Pishchal'nik[3]

ANALYSIS OF INTERANNUAL AND SEASONAL VARIABILITY OF ICE COVER IN ANIVA BAY AND LA PEROUSE STRAIT ACCORDING TO EARTH REMOTE SENSING DATA

ABSTRACT

Based on the data of satellite observations of the ice cover with the use of geoinformation technologies, an analysis of the interannual and seasonal variability of ice cover in Aniva Bay and La Perouse Strait has been made. It is established that there is a tendency for a decrease in ice cover by 2.5% in Aniva Bay, and in La Perouse Strait – by 11% for the period from 1979 to 2016. It is revealed that Aniva Bay is the only water area with a tendency of increasing ice cover. Based on the analysis of the dynamics of ice cover anomalies relative to the climatic standard norm of 1981-2010, periods with the predominance of its positive and negative values and years with the highest and lowest values have been marked. It is shown that the ice cover of La Perouse Strait and Aniva Bay has the greatest interrelation with the ice cover in the extreme southern part of the Sea of Okhotsk with a correlation coefficient of 0.76 and 0.66, respectively. The typing of winters according to the severity of ice conditions has been performed according to which it is determined that the sum of severe and extremely severe types of winters in Aniva Bay is higher than that in La Perouse Strait. Analysis of the intra-seasonal course of ice cover made it possible to determine the mean dates for the appearance and disappearance of the ice in Aniva Bay and La Perouse Strait, as well as the duration of the ice period. Aniva Bay is characterized by almost complete filling with ice,

[1] Sakhalin State University; 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenin st, 290; *e-mail:* kunashir18@rambler.ru
[2] Sakhalin State University; 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenin st, 290; *e-mail:* irinkaeremenko@ya.ru
[3] Sakhalin State University, 693000, Yuzhno-Sakhalinsk, Lenin st, 290; *e-mail:* vpishchalnik@rambler.ru

which occurs here in severe winters from February 10 to March 10. La Perouse Strait is filled with ice in the severe winters only by 70% - from 15 to 25 of February.

KEYWORDS:

Aniva Bay, La Perouse Strait, ice extent, remote sensing of the Earth, safety of navigation

REFERENCES

1. Granici okeanov i morei [Borders of the oceans and seas], No 9031, St. Petersburg: GUNiO MO, 2000, pp. 127–137 (in Russian).
2. Kryndin A.N. Sezonnie i mejgodovie izmeneniya ledovitosti i kromki lda na dalnevostochnih moryah v svyazi s osobennostyami atmosfernoi cirkulyacii [Seasonal and interannual changes in ice extent and ice edge in the Far Eastern seas due to the peculiarities of atmospheric circulation], Tr. GOIN, 1964, pp. 5–81 (in Russian).
3. Minervin I.G., Romanyuk V.A., Pischalnik V.M., Truskov P.A., Pokrashenko S.A., Raionirovanie ledyanogo pokrova Ohotskogo i Yaponskogo morei [Zoning of the ice cover of the Okhotsk and Japan seas], Vestnik RAN 201, T. 85, No 1, pp. 24–32 (in Russian).
4. Pishchal'nik V.M., Romanyuk V.A., Minervin I.G., Batuhtina A.S., Analiz dinamiki anomalii ledovitosti Ohotskogo morya v period s 1882 po 2015 gg. [Analysis of the dynamics of anomalies in the ice cover of the Sea of Okhotsk between 1882 and 2015], Izv. TINRO, 2016, Vol. 185, pp. 228–239 (in Russian).
5. Pishchal'nik V.M., Minervin I.G., Romanyuk V.A. Analiz izmenenij ledovogo rezhima v otdel'nyh rajonah Ohotskogo morya v period potepleniya s 1979 po 2015 gg. [Analysis of ice conditions changes in some areas of the Okhotsk Sea in the period of warming from 1979 to 2015], Vestnik RAN, 2017, T. 87, No 1, pp. 430–441 (in Russian).
6. Plotnikov V.V. Izmenchivost ledovih uslovii dalnevostochnih morei Rossii i ih prognoz [Variability of ice conditions in the Far Eastern seas of Russia and their forecast] Vladivostok: Dalnauka, 2002, 172 p. (in Russian).
7. Plotnikov V.V., Yakunin L.P., Petrov V.A., Ledovie usloviya i metodi ih prognozirovaniya [Ice conditions and methods for predicting them], Proekt "Morya", Gidrologiya i "gidrohimiya morei, Vol. IX. Ohotskoe more, Vyp. 1. Gidrometeorologicheskie usloviya, SPb., Gidrometeoizdat, 1998, pp. 291–340 (in Russian).
8. Tcipisheva I.L., Muktepavel L.S., Ciciashvili G.Sh., Shatilina T.A., Radchenkova T.V.Osobennosti izmenchivosti ledovitosti v Tatarskom prolive (Yaponskoe more) v svyazi s regionalnoi atmosfernoi cirkulyaciei [Features of variability of ice cover in the Tatar Strait (Sea of Japan) in connection with regional atmospheric circulation], Izv. TINRO, 2016, Vol. 184, pp. 135–149 (in Russian).

УДК 528/551 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-93-104

Д.А. Чупина[1], И.Д. Зольников[2], Е.Н. Смоленцева[3]

МЕТОДИКА ВЫЯВЛЕНИЯ НАИБОЛЕЕ УЯЗВИМЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРИ АКТИВИЗАЦИИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ДИНАМИКОЙ КЛИМАТИЧЕСКОГО УВЛАЖНЕНИЯ (НА ОСНОВЕ ГИС И ДЗ)

АННОТАЦИЯ

В статье предложена методика выявления наиболее уязвимых территорий при активизации экзогенных процессов, обусловленных иссушением/увлажнением климата. Методика основана на предположении, что одни формы и типы рельефа придают устойчивость к внешним воздействиям, а другие – обусловливают повышенную уязвимость. Для равнинных территорий с близким залеганием к поверхности грунтовых вод большое значение имеет взаимосвязь параметров рельефа и увлажнения (грунтового и климатического). На основе морфометрического анализа выделены участки земной поверхности, к которым приурочены природно–территориальные комплексы (ПТК), испытывающие на себе влияние дополнительного поверхностного увлажнения и грунтовых вод, условно названные нами «гидроморфными»; а также ПТК, развивающиеся вне связи с грунтовыми водами при нормальном атмосферном увлажнении, условно названные «автоморфными». Ранжирование территории по степени уязвимости проводится на основе экспертной оценки. Разработанная методика полностью базируется на использовании ГИС–технологий (ArcGIS 10.2.1.), весь фактический материал получен на основе обработки цифровой модели рельефа SRTM. В результате построены две схемы уязвимости территории Барабинской равнины для двух трендов климатических изменений: иссушения и увлажнения. Эти схемы позволяют оценить степень уязвимости наземных экосистем одновременно на всей территории и локально по каждому её участку на среднемасштабном уровне исследования. Полученные результаты дополняют существующие представления о пространственном распределении трансформаций ландшафтных компонентов при изменении условий увлажнения–иссушения и показывают дискретно–мозаичный характер этих трансформаций. Практическая значимость разработанной методики обусловлена тем, что для территории юга Западной Сибири, относящейся к зоне рискованного земледелия, актуальна оценка потенциальной степени уязвимости в условиях усиления засушливости и экстремальности климата.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

аридизация, цифровые модели рельефа, SRTM, уязвимость, автоморфность, гидроморфность, экзогенные процессы

ВВЕДЕНИЕ

В нашей работе мы затрагиваем понятие уязвимости природных систем, которое многими исследователями трактуется по-разному и является достаточно дискуссионным [Hinkel, 2011; Коробов и др., 2014]. Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, англ. IPCC) дано следующее определение уязвимости: «степень, до которой система подвержена отрицательным воздействиям изменения климата, включая его изменчи-

[1] Институт геологии и минералогии имени В.С.Соболева СО РАН; 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3; *e-mail:* chupina_da@igm.nsc.ru
[2] Институт геологии и минералогии имени В.С.Соболева СО РАН; 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, *e-mail:* zol@igm.nsc.ru
[3] Институт почвоведения и агрохимии СО РАН; 630090, Россия, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 8/2; *e-mail:* smolentseva@issa.nsc.ru

вость и экстремумы, или не в состоянии справиться с ними. Уязвимость является функцией характера, магнитуды и скорости изменения и изменчивости климата, которым подвергнута система, её чувствительности к ним и её адаптационной способности» (IPCC, 2007, с. 883). Мы используем этот термин в его нынешнем определении МГЭИК: «Уязвимость – склонность или предрасположенность понести ущерб» (IPCC, 2012, с. 564).

ГИС и ДЗ широко применяются для оценки уязвимости экосистем, основываясь на разных подходах. Некоторые исследователи оценивают тренд изменений растительности в различных экосистемах, следующих за отрицательным воздействием на них [Huang *et al.*, 2010; Kennedy *et al.*, 2007; Kennedy *et al.*, 2010]. Другие изучают тренды изменений восстанавливающихся нарушенных экосистем постфактум, чтобы определить, была ли система уязвима до воздействия (поскольку система отреагировала отрицательно, следовательно, она должна была быть уязвима) [Duguy *et al.*, 2012; Nepstad *et al.*, 2004]. Также среди работ можно выделить исследования, посвящённые использованию дистанционного зондирования для оценки стресса растительности, вызванного водой, питательными веществами или потеплением [Hilker *et al.*, 2011; Michaelian *et al.*, 2011]. Наиболее полный обзор зарубежных исследований в этой области приведён в статье [Smith *et al.*, 2014]. Авторы не только рассмотрели исследования уязвимости различных наземных экосистем в разных климатических поясах на основе ДЗ (леса умеренного пояса, тропические леса, бореальные леса, полузасушливые земли, прибрежные районы и Арктики), но и дали оценку возможности использования данных дистанционного зондирования для разработки систем раннего предупреждения в случае возрастающей уязвимости. В этих работах зачастую используются различные алгоритмы обработки временных рядов [Huang *et al.*, 2010; Kennedy *et al.*, 2007, 2010], индексы, получаемые на основе спутниковых данных: SVI (spectral vegetation indices), EVI (enhanced vegetation index), TVX (temperature vegetation index), PRI (Photochemical Reflectance Index) [Hilker *et al.*, 2011]; наиболее часто распространенные – NDVI и LAI (leaf area index) [Duguy *et al.*,2012; Nepstad *et al.*, 2004]. Эти индексы могут использоваться в комплексе с другими данными: метеорологическими и полевыми. В своей работе Nepstad использовал спутниковые данные GOES–8 для расчёта почвенного увлажнения [Nepstad *et al.*, 2004]. В работе M. Michaelian рассчитывался индекс климатического увлажнения на основе метеорологических данных и с помощью ГИС интерполировался на исследуемую территорию [Michaelian *et al.*, 2011]. Также есть примеры использования ГИС и ДЗ для анализа процессов аридизации на территории степей и пустынь Сибирского региона и его ближайшего окружения. В экосистемах полупустынь и пустынь Монголии для контроля над параметрами засухи исследовалось отношение между индексами LST и NDVI (LST/NDVI) [Баяржагал, 2005]. При изучении динамики очагов опустынивания засушливых земель Северо-Западного Прикаспия использовался среднемесячный коэффициент корреляции между альбедо и температурой поверхности [Золотокрылин, 2011]. Климатические экстремумы детектировались на основе индекса SCEI [Золотокрылин, 2012], который представляет собой сумму отклонений от многолетних средних значений влажности почвы, NDVI, альбедо, температуры поверхности, нормированных по среднему квадратичному отклонению. Для территории юга Западной Сибири космические снимки всего масштабного ряда (MODIS, Landsat, Aster, Spot, Quick–Bird) использовались вместе с данными натурных наблюдений (сопряжённые геолого–геоморфологические, почвенные и ботанические исследования) при разработке комплексной технологии картографирования и мониторинга природно-территориальных комплексов [Зольников и др., 2011].

В данной работе мы хотим предложить свой подход к выявлению наиболее уязвимых территорий при изменении климата. Реакции экосистем на региональные изменения климата и антропогенный пресс контролируются геолого–геоморфологическим каркасом территории, который представляет собой рельеф (формы и типы) и слагающие его отложения. Район исследования (Барабинская равнина) относится к лесостепной зоне. Литогенная основа ПТК, развитых на данной территории, представлена преимущественно субаэральным покровом, однородным по гранулометрическому составу. Гидрогеологические условия таковы, что

грунтовые воды в понижениях рельефа близко подходят к поверхности, что предопределяет большое количество озёр разной солёности и заболачивание отдельных участков. Таким образом, геолого–геоморфологические условия в районе исследования являются причиной сильной зависимости растительности от увлажнения. Кроме того, Барабинская равнина в настоящее время активно эксплуатируется в сельскохозяйственном производстве. Из–за возрастающих рисков при использовании сельскохозяйственных угодий возникает необходимость прогнозирования сокращения ресурсных территорий. Такие риски среди прочего обусловлены возрастающей экстремальностью климата на фоне долговременного тренда к иссушению климата в регионе, что может приводить к увеличению частоты возникновения и интенсивности проявлений опасных гидрометеорологических явлений (сильных паводков, наводнений, ураганов, засух, сильных ливней) [Второй…, 2014]. Изменения климатического увлажнения территории опасны как сами по себе, так и своими последствиями, поскольку они могут приводить к активизации ряда экзогенных процессов (ветровая и водная эрозия почв), а также засолению/рассолению почвенно–грунтовой толщи [Meyer, 2008]. При смене гидрологического режима происходят изменения в растительном покрове: постепенно в зависимости от климатического тренда (иссушение/увлажнение) характерные растительные сообщества замещаются ближайшими в схеме ценозов [Королюк, 2010].Таким образом, особое значение приобретает учёт районов, где экосистемы наиболее уязвимы вследствие активизации экзогенных процессов, вызванных климатическими изменениями.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методика выявления наиболее уязвимых территорий при активизации экзогенных процессов, обусловленных иссушением/увлажнением климата, состоит из следующих процедур: 1) выделение форм рельефа; 2) построение схемы типов рельефа; 3) разделение каждого типа рельефа на автоморфный и гидроморфный подтип; 4) построение схемы уязвимости на основе экспертной оценки. Основой для создания итоговых схем является геолого–геоморфологический каркас территории, который был построен на основе морфометрического анализа рельефа [Чупина, 2014]. Фактической основой стала цифровая модель рельефа (ЦМР) SRTM (SRTM 90m DEM version 4), которая находится в открытом доступе (http://srtm.csi.cgiar.org). ГИС-обработка морфометрических показателей производилась в программном пакете ArcGIS 10.2.1.

Выделение форм рельефа

Рельеф исследуемой территории состоит из грив, современных и палеоозёрных котловин, узких речных долин с редкими озеровидными расширениями и пологоволнистой равнинной поверхности. С использованием методики, указанной выше, были выделены все формы рельефа. Современные озёра проявились по нулевому значению углов и азимутов как абсолютно плоские участки, палеоозёрные котловины – на основе статистического распределения значений диапазона углов. Для грив, имеющих доминирующую северо-западную ориентировку, выделялись две грани по азимутальным характеристикам, но наиболее корректно они были закартированы по статистическому распределению значений относительных высот.

Построение схемы типов рельефа

Типы рельефа на указанной территории выделялись по удельному площадному соотношению доминирующих форм рельефа методом скользящего окна, реализованного в процедуре «Density» (модуль Spatial Analyst). Пороги выделения доминирующих форм определялись в зависимости от процентного соотношения занимаемой площади в окне и для каждого конкретного набора форм рельефа были разными. В связи с тем, что гривы и палеоозёрные котловины имеют достаточно крупные размеры, радиус окна составил 10 км. В скользящем окне указанного размера были выделены области распространения грив и озёрных поверхностей. При наложении этих областей были получены контуры гривно-озёрного релье-

фа. Таким образом, была получена схема четырёх типов рельефа: гривный, равнинный, гривно-озёрный, озёрный.

Разделение каждого типа рельефа на автоморфный и гидроморфный подтип

Для учёта взаимосвязи параметров рельефа и увлажнения (грунтовое и климатическое) предложен морфометрический показатель, позволяющий разделять типы рельефа на авто- и гидроморфные подтипы. Он строится на основе ЦМР как отклонение высот от тренда земной поверхности (рисунок 1). Сначала строится общий тренд высот определённого типа рельефа – среднее значение высот с помощью процедуры «Focal statistics». Размер скользящего окна подбирается в зависимости от особенностей территории. В нашем случае диаметр скользящего окна составил 5 км. Затем тренд вычитается из цифровой модели рельефа. Этот показатель отражает вертикальный разброс высот относительно усреднённой поверхности. В таком случае гидроморфным подтипам соответствуют отрицательные значения и вогнутые формы рельефа, к которым приурочены ПТК, испытывающие на себе влияние дополнительного поверхностного увлажнения и грунтовых вод. К автоморфным подтипам относятся территории с положительными значениями этого показателя с ПТК, развивающимися вне связи с грунтовыми водами и при нормальном атмосферном увлажнении.

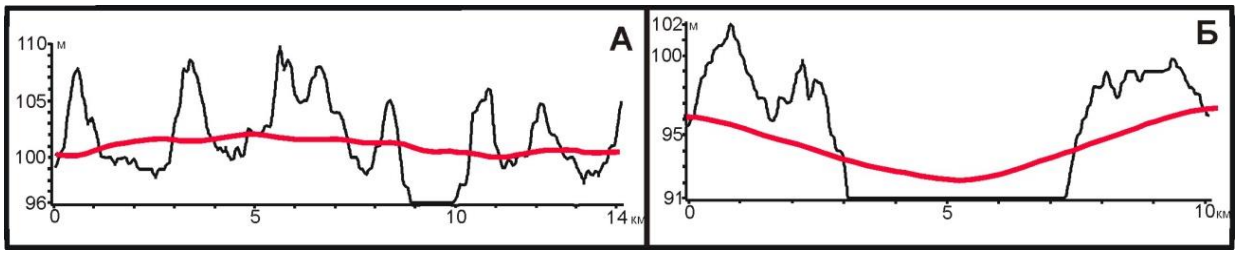


Рисунок 1. *Разделение на автоморфный и гидроморфный подтип:*
А – гривно-озёрного рельефа, Б – озёрного рельефа
Figure 1. *Automorphic and hydromorphic landscapes*
with ridges and lakes (A), lakes (B)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В нашей методике мы используем допущение, что четыре типа рельефа, развитые на исследуемой территории, а именно: гривный, равнинный, гривно-озёрный, озёрный, изначально в указанной последовательности, характеризуются уменьшением автоморфности и увеличением гидроморфности. Такие выводы были сделаны на основе предварительного изучения карт четвертичных отложений и объяснительных записок к ним, а также на распределении высотных отметок. Это обусловлено тем, что для ландшафтов характерна ярусность, т.е. выделение в ландшафтной структуре регионов высотно–генетических ступеней, зафиксированных в основных генетических уровнях развития рельефа [Казаков, 2007]. На равнинах (рисунок 2) выделяются следующие ярусы:

Изначально мы получаем схему типов рельефа, разделённых на два подтипа – автоморфный и гидроморфный. Для того чтобы на основании этих данных получить схему уязвимости территории необходимо рассмотреть, какие возможные экзогенные процессы могут развиваться для каждого отдельного типа и подтипа рельефа в зависимости от тренда климатических изменений (иссушение/увлажнение).

В случае увлажнения климата на гидроморфных участках происходит более значительное повышение уровня грунтовых вод по сравнению с автоморфными, что в дальнейшем может приводить к заболачиванию или затоплению. Следовательно, для любого типа рельефа, выделенного нами, степень уязвимости гидроморфных участков будет выше на градацию, чем степень уязвимости автоморфных участков. С учётом нашего допущения составлена легенда для ранжирования территории по степени уязвимости к процессам увлажнения (рисунок 3).

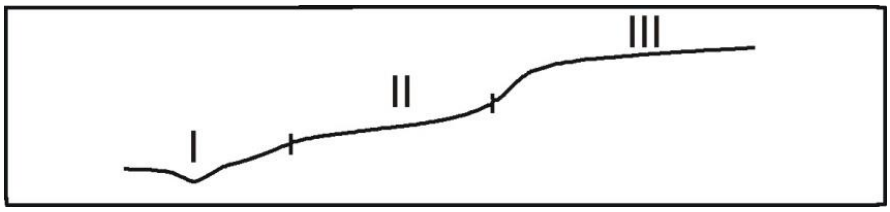


Рисунок 2. *Ярусность равнинных ландшафтов [по Л.К. Казакову, 2007]*
I – низины с интразональными гидроморфными ландшафтами;
II – низменные зональные неоэлювиальные ландшафты со следами гидроморфизма;
III – элювиальные типичные зональные ланшафты возвышенных равнин
Figure 2. *Tiering of landscapes on plain area [by Kazakov L. K., 2007]*
I – low-lying hydromorphic landscapes;
II – low-lying landscapes with traces of hydromorphism;
III automorphic landscapes

Рисунок 3. *Легенда к схеме ранжирования территории по степени уязвимости к процессам увлажнения*
Figure 3. *The legend to the scheme of ranked territory according to the degree of vulnerability caused by exogenous processes under humidification*

Увеличение аридности климата вызывает другой набор возможных экзогенных процессов и будет иметь иное площадное распространение уязвимых территорий. При аридизации наиболее негативными процессами на территории Барабы могут быть: деградация гидроморфных участков, вплоть до полного высыхания современных озёр и появления на их месте солончаков и сильно засолённых почв; развитие дефляционных и водно–эрозионных процессов на незакрепленных растительностью поверхностях [Meyer *et al.*, 2008]. Автоморфные участки в этом случае также дестабилизируются. На них может происходить уменьшение продуктивности растительных сообществ, снижение проективного покрытия растительности и её почвозащитной роли и как следствие – активизация дефляционных процессов, водной эрозии (при сильных ливневых осадках из-за экстремальности климата). Масштаб проявления этих процессов для разных типов рельефа и их подтипов может значительно различать-

ся. Однако при тренде иссушения увеличение степени уязвимости различных типов рельефа, и особенно гидроморфных участков в них, не так равнозначно как в случае с трендом увлажнения. Легенда для схемы ранжирования территории по степени уязвимости к процессам аридизации приведена на рисунке 4.

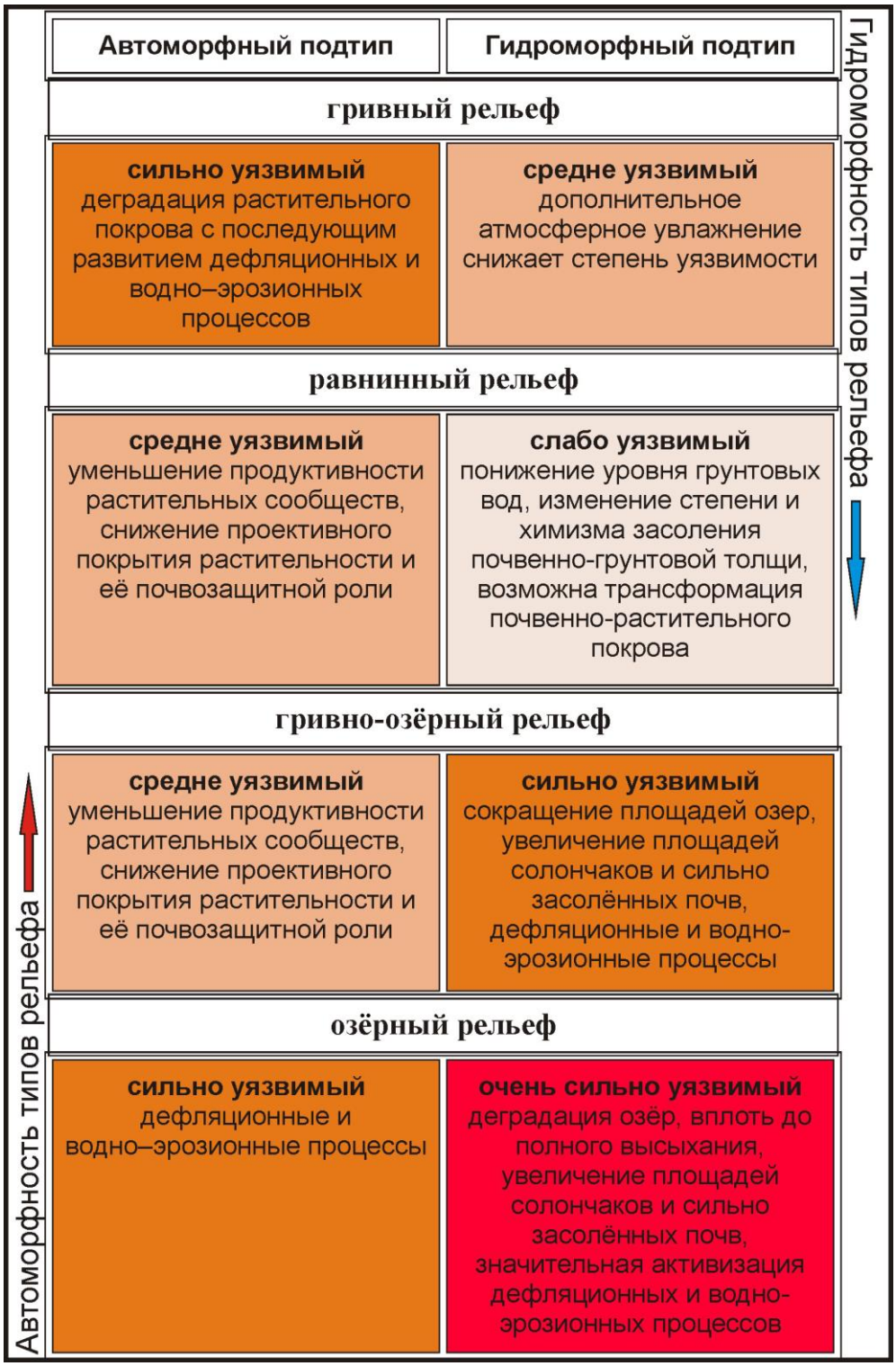


Рисунок 4. *Легенда к схеме ранжирования территории по степени уязвимости к процессам аридизации*
Figure 4. *The legend to the scheme of ranked territory according to the degree of vulnerability caused by exogenous processes under aridification*

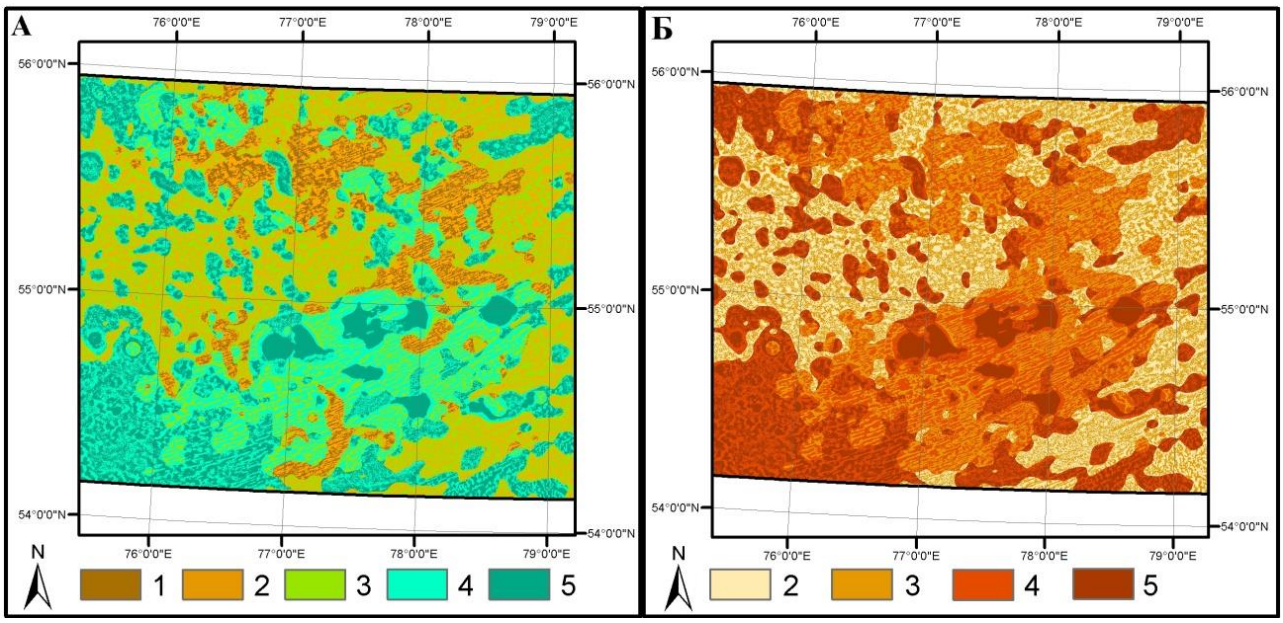


Рисунок 5. *Схемы ранжирования территории по степени уязвимости при активизации экзогенных процессов, обусловленных: А – увлажнением климата, Б – иссушением климата*

Степень уязвимости: 1 – очень слабая, 2 – слабая , 3 – средняя, 4 – сильная, 5 – очень сильная

Figure 5. *Schemes of ranked territory according to the degree of vulnerability caused by exogenous processes under humidification (A) and aridification (B).*

The degree of vulnerability: 1 – very low, 2 – low , 3 – medium, 4 – high, 5 – very high

Полученные легенды показывают, что природно-территориальные комплексы на различных типах и подтипах рельефа Барабинской равнины по-разному реагируют на динамику климатического увлажнения, в зависимости от его тренда. При положительном тренде увлажнения степень уязвимости территорий с различным типом рельефа возрастает в такой последовательности: гривный, равнинный, гривно-озёрный, озёрный. При аридизации климата сильно уязвимыми становятся автоморфные поверхности гривного рельефа, а также озёрный рельеф в целом. Наименее уязвимыми являются территории с равнинным рельефом. Для них прогнозируется слабая и средняя степень уязвимости как при аридизации, так и при увлажнении. Территории с озёрным рельефом являются наиболее уязвимыми во все эпохи. Во влажные периоды они заполняются водой или заболачиваются, в засушливые – засоляются; на них развиваются эоловые процессы. Пример полученных схем ранжирования территории по степени уязвимости при активизации экзогенных процессов, обусловленных иссушением/увлажнением климата, представлены на рисунке 5.

ВЫВОДЫ

Разработанная ГИС-методика выявления наиболее уязвимых территорий при активизации экзогенных процессов, обусловленных иссушением или увлажнением климата позволяет строить оценочные карты. Результаты, полученные благодаря предложенной методике, в значительной степени дополняют существующие представления о дискретно–мозаичном характере пространственного распределении трансформаций ландшафтных компонентов при изменении условий увлажненности [Zolnikov *et al.*, 2016]. Новизной этих моделей является возможность оценить степень трансформации наземных экосистем одновременно на всей территории и локально по каждому её участку на среднемасштабном уровне исследования.

Однако предложенная методика разработана прежде всего для территории Барабинской равнины, с её конкретным набором форм и типов рельефа и однородной литогенной осно-

вой. Для регионов с неоднородной литогенной основой и иным влиянием рельефа на распределение ПТК закономерности пространственного распределения наиболее уязвимых территорий могут быть другими. Соответственно, для составления аналогичных схем для других регионов необходима корректировка и/или доработка данной методики.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ проект № 16–35–00409 мол_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баяржагал Ю., Карнели А.* Индексы NDVI и LST, представленные NOAA–AVHRR для выявления засух в Монголии // Аридные экосистемы. – 2005. – Т.11, № 26–27. – С. 73-78.
2. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Техническое резюме. – М.: Росгидромет, 2014. – 94 с.
3. *Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б.* Спутниковый индекс климатических экстремумов засушливых земель // Аридные экосистемы. – 2012. – Т. 18, № 4 (53). – С. 5–12.
4. *Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б.* Тенденция опустынивания Северо-Западного Прикаспия по MODIS-данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8, № 2. – С. 217–225.
5. *Зольников И.Д., Глушкова Н.В., Лямина В.А., Смоленцева Е.Н., Королюк А.Ю., Безуглова Н.Н., Зинченко Г.С., Пузанов А.В.* Индикация динамики природно-территориальных комплексов юга Западной Сибири в связи с изменениями климата // География и природ. ресурсы. – 2011. – № 2. – С. 155–160.
6. *Казаков Л.К.* Ландшафтоведение с основами ландшафтного планирования. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
7. *Коробов Р., Тромбицкий И., Сыродоев Г., Андреев А.* Уязвимость к изменению климата: Молдавская часть бассейна Днестра: Монография. – Междунар. ассоц. хранителей реки Eco-TIRAS. – Кишинёв: Elan Poligraf, 2014. – 336 с.
8. *Королюк А.Ю.* Проявление динамики экосистем в пространственной структуре растительного покрова на юге Западной Сибири // Растительный мир Азиатской России. – 2010. – № 2 (6). – С. 12–16.
9. *Чупина Д.А.* Автоматическое выделение форм и комплексов рельефа на основе морфометрического ГИС-анализа (на примере Венгеровского района Новосибирской области) // Геоморфология. – 2014. – №3. – С. 43–50.
10. *Duguy B., Alloza J.A., Baeza M.J., De la Riva J., Echeverria M., Ibarra P., Llovet J. Perez F., Cabello, Rovira P., Vallejo R.V.* Modeling the Ecological Vulnerability to Forest Fires in Mediterranean Ecosystems Using Geographic Information Technologies // Environmental Management. – 2012. – Vol. 50. – № 6. – Pp.1012–1026. DOI 10.1007/s00267–012–9933–3.
11. *Hilker T., Coops N. C., Wulder M.A., Black T.A., Guy R.D.* The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: a review of current status and future requirements // Science of the Total Environment. 2008. – Vol. 404. – №2–3. – Pp. 414-423; http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.11.007.
12. *Hinkel J.* Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science-policy interface // Global Environmental Change. – 2011. – Vol. 21. – Pp. 198–208.
13. *Huang C., Goward S.N., Masek J.G., Thomas N., Zhu Z., Vogelmann J.E.* An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks // Remote Sensing of Environment. – 2010. – Vol. 114, № 1. – Pp. 183–198; http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.017.

14. IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson, (eds.)]. – Cambridge: Cambridge University Press, 2007. – 976 p.
15. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). – Cambridge: Cambridge University Press, 2012. – 582 p.
16. *Kennedy R.E., Cohen W.B., Schroeder T.A.* Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics // Remote Sensing of Environment. – 2007. – Vol. 110. – №3. – Pp. 370–386; http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2007. 03.010.
17. *Kennedy R.E., Yang Z., Cohen W.B.* Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr – Temporal segmentation algorithms // Remote Sensing of Environment. – 2010. – Vol. 114. – № 12. – Pp. 2897–2910; http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.07.008.
18. *Meyer B.C., Schreiner V., Smolentseva E.N., Smolentsev B.A.* Indicators of desertification in the Kulunda steppe in the south of Western Siberia // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2008. – Vol. 54. – № 6. – Pp. 585–603;http://dx.doi.org/10.1080/03650340802342268.
19. *Michaelian M., Hogg E.H., Hall R.J., Arsenault E.* Massive mortality of aspen following severe drought along the southern edge of the Canadian boreal forest // Global Change Biology. – 2011. – Vol. 17. – № 6. – Pp. 2084–2094; http://dx.doi.org/10.1111/j.1365–2486.2010.02357.x.
20. *Nepstad D., Lefebvre P., Lopes da Silva U., Tomasella J., Schlesinger P., Solorzano L., Moutinho P., Ray D., Benito G.J.* Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin wide analysis // Global Change Biology. – 2004. – Vol. 10. – Pp. 704–717. DOI: 10.1111/j.1529–8817.2003.00772.x.
21. *Smith A.M.S., Koldenb C.A., Tinkhama W.T., Talhelma A.F., Marshall J.D., Hudak A.T., Boschetti L., Falkowski M.J., Greenberge J.A., Anderson J.W., Kliskey A., Alessa L., Keefe R.F., Gosz J.R.* Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems // Remote Sensing of Environment. – 2014. – Vol. 154. – Pp. 322–337.
22. *Zolnikov I.D., Glushkova N.V., Smolentseva E.N., Chupina D.A., Pchelnikov D.V., Lyamina V. A.* GIS and Remote Sensing Data-Based Methods for Monitoring Water and Soil Objects in the Steppe Biome of Western Siberia // Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia [Editors: Mueller, Lothar, Sheudshen, Askhad K., Eulenstein, Frank]. – Springer, 2016. – Pp. 253–268. DOI 10.1007/978–3–319–24409–9_9.

Darya A. Chupina[1], **Ivan D. Zolnikov**[2], **Elena N. Smolentseva**[3]

THE METHOD FOR IDENTIFYING THE MOST VULNERABLE AREAS CAUSED BY EXOGENOUS PROCESSES UNDER ARIDIFICATION/HUMIDIFICATION (BASED ON GIS AND RS)

ABSTRACT

The paper presents the method of identifying the most vulnerable territories under exogenous processes caused by aridification/humidification. It is based on the assumption that some forms and types of relief increase resistance of terrestrial ecosystems to external influences, while other kinds of relief make them vulnerable. The relationship between landscape and moistening (ground and climatic) is of great importance to plains which have groundwater close to the surface. We have used morphometric analysis to divide the territory into hydromorphic and automorphic landscapes. Hydromorphic territories are those that are affected by additional surface moistening and groundwater, while automorphic landscapes are less dependent on groundwater under normal atmospheric moisture. The territory is ranked according to the degree of vulnerability by expert evaluation method. The developed approach is based entirely on using GIS software (ArcGIS 10.2.1) and processing the DEM SRTM. As a result, two models of vulnerability of natural terrestrial ecosystems to exogenic processes on Baraba Plain (Western Siberia) have been created for both aridification and humidification cases. The opportunity to estimate the vulnerability is the novel feature for these models of terrestrial ecosystems, in both regional and local scales. The results obtained confirm the existing ideas about the discrete mosaic character of changes in spatial landscape patterns in the area under consideration. For the southern part of Western Siberia where farming is risky the assessment of the potential degree of vulnerability for ecosystems under conditions of increasing climate aridity and extremes is relevant.

KEYWORDS:

aridification, Digital Elevation Model (DEM), SRTM, vulnerability of terrestrial ecosystems, hydromorphic and automorphic landscapes, predictive modeling

REFERENCES

1. Bayarjargal Y., Karneli A. Indeksy NDVI i LST predstavlennye NOAA–AVHRR dlya vyyavleniya zasuh v Mongolii [NOAA–AVHRR derived NDVI and LST for detecting droughts in Mongolia]. Aridnyye ekosistemy, 2005, Vol. 11, No 26–27, pp. 73–78 (in Russian).
2. Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii. Tekhnicheskoe rezyume [The second assessed report about climatic changes and their impact on the Russian Federation territory by Hydromet. Technical Summary]. Moscow: Roshydromet Publ., 2014, 94 p. (in Russian).
3. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. Sputnikovyy indeks klimaticheskikh ekstremumov zasushlivykh zemel [Satellite climatic extremes index of dryland]. Aridnyye ekosistemy, 2012, Vol. 18, No 4, pp. 5–12 (in Russian).
4. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B. Tendentsiya opustynivaniya severo-zapadnogo Prikaspiya po MODIS-dannym [Desertification tendency in North-West Caspian region according to

[1] Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Russia, Novosibirsk, Akademik Koptyug ave 3, 630090; *e-mail:* chupina_da@igm.nsc.ru
[2] Sobolev Institute of Geology and Mineralogy Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Russia, Novosibirsk, Akademik Koptyug ave 3, 630090; *e-mail:* zol@igm.nsc.ru
[3] Institute of Soil Science and Agrochemistry Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; Russia, Novosibirsk, Akademik Lavrentiev ave 8/2, 630090; *e-mail:* smolentseva@issa.nsc.ru

MODIS data]. Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa, 2011, Vol. 8, No 2, pp. 217–225 (in Russian).
5. Zolnikov I.D., Glushkova N.V., Lyamina V.A., Smolentseva E.N., Korolyuk A.Yu., Bezuglova N.N., Zinchenko G.S., Puzanov A.V. Indikatsiya dinamiki prirodno–territorialnykh kompleksov yuga Zapadnoy Sibiri v svyazi s izmeneniyami klimata [Indication of dynamics of environmental complexes of the south of Western Siberia with reference to climatic changes]. Geografiya i prirodnye resursy, 2011, No 2, pp. 155–160 (in Russian).
6. Kazakov L.K. Landshaftovedeniye s osnovami landshaftnogo planirovaniya [Landscape science with basics of landscape planning]. Moscow: Akademiya Publ., 2008, 336 p. (in Russian).
7. Korobov R., Trombitsky I., Syrodoev G., Andreev A. Uyazvimost k izmeneniyu klimata: Moldavskaya chast basseyna Dnestra [Climate change vulnerability: Moldavian part of the Dniester River basin]. Kishinev: Elan Poligraf Publ., 2014, 336 p. (in Russian).
8. Korolyuk A.Ju. Proyavleniye dinamiki ekosistem v prostranstvennoy strukture rastitelnogo pokrova na yuge Zapadnoy Sibiri [Relationships between ecosystem dynamics and vegetation structure on the southern part of Western Siberia]. Rastitelnyj mir Aziatskoj Rossii, 2010, No 6, pp.12–16 (in Russian).
9. Choupina D.A. Avtomaticheskoye vydeleniye form i kompleksov relyefa na osnove morfometricheskogo GIS-analiza (na primere Vengerovskogo rayona Novosibirskoy oblasti) [An automatic identification of landforms and their complexes based on GIS analysis of morphometric parameters (Vengerovsk District of Novosibirsk Region as an example)]. Geomorfologiya, No 3, 2014, pp. 43–50 (in Russian).
10. Duguy B., Alloza J.A., Baeza M.J., De la Riva J., Echeverria M., Ibarra P., Llovet J. Perez F., Cabello, Rovira P., Vallejo R.V. Modeling the Ecological Vulnerability to Forest Fires in Mediterranean Ecosystems Using Geographic Information Technologies. Environmental Management, 2012, Vol. 50, No 6, pp.1012–1026. DOI 10.1007/s00267–012–9933–3.
11. Hilker T., Coops N.C., Wulder M.A., Black T.A., Guy R.D. The use of remote sensing in light use efficiency based models of gross primary production: a review of current status and future requirements. Science of the Total Environment, 2008, Vol. 404, No 2–3, pp. 414–423. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.11.007.
12. Hinkel J. Indicators of vulnerability and adaptive capacity: Towards a clarification of the science-policy interface. Global Environmental Change, 2011, Vol. 21, pp. 198–208.
13. Huang C., Goward S.N., Masek J.G., Thomas N., Zhu Z., Vogelmann J.E. An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks. Remote Sensing of Environment, 2010, Vol. 114, No 1, pp. 183–198. http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.017.
14. IPCC. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (eds.)]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, 976 p.
15. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [C.B. Field, V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2012, 582 p.
16. Kennedy R.E., CohenW.B., Schroeder T.A. Trajectory-based change detection for automated characterization of forest disturbance dynamics. Remote Sensing of Environment, 2007, Vol. 110, No 3, pp. 370–386. http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2007.03.010.
17. Kennedy R.E., Yang Z., Cohen W.B. Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr – Temporal segmentation algorithms. Remote

Sensing of Environment, 2010, Vol. 114, No 12, pp. 2897–2910. http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.07.008.
18. Meyer B.C., Schreiner V., Smolentseva E.N., Smolentsev B.A. Indicators of desertification in the Kulunda steppe in the south of Western Siberia. Archives of Agronomy and Soil Science, 2008, Vol. 54, No 6, pp. 585–603. http://dx.doi.org/10.1080/03650340802342268.
19. Michaelian M., Hogg E.H., Hall R.J., Arsenault E. Massive mortality of aspen following severe drought along the southern edge of the Canadian boreal forest. Global Change Biology, 2011, Vol. 17, No 6, pp. 2084–2094. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365–2486.2010.02357.x.
20. Nepstad D., Lefebvre P., Lopes da Silva U., Tomasella J., Schlesinger P., Solorzano L., Moutinho P., Ray D., Benito G.J. Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: A basin-wide analysis. Global Change Biology. 2004, Vol. 10, pp. 704–717. DOI: 10.1111/j.1529–8817.2003.00772.x.
21. Smith A.M.S., Koldenb C.A., Tinkhama W.T., Talhelma A.F., Marshall J.D., Hudak A.T., Boschetti L., Falkowski M.J., Greenberge J.A., Anderson J.W., Kliskey A., Alessa L., Keefe R.F., Gosz J.R. Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. Remote Sensing of Environment, 2014, Vol. 154, pp. 322–337.
22. Zolnikov I.D., Glushkova N.V., Smolentseva E.N., Chupina D.A., Pchelnikov D.V., Lyamina V. A. GIS and Remote Sensing Data-Based Methods for Monitoring Water and Soil Objects in the Steppe Biome of Western Siberia. Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia. [Mueller, Lothar, Sheudshen, Askhad K., Eulenstein, Frank (eds.)]. Springer, 2016, pp. 253–268. DOI 10.1007/978–3–319–24409–9_9.

УДК 004.9+351.777.6 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-104-111

Л.И. Сергиенко[1], С.В. Паринов[2], С.П. Никонорова[3]

МОНИТОРИНГ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ ИЗ ОБЩЕДОСТУПНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ Г. ВОЛЖСКОГО

АННОТАЦИЯ

Одной из актуальных проблем, связанных с ухудшением качества окружающей природной среды, является ненадлежащее обращение с твёрдыми бытовыми отходами. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды за 2014 год, в Российской Федерации образовалось около 180 млн т твёрдых бытовых отходов, что привело к увеличению площади полигонов и свалок более чем на 5000 га. Объём образовавшихся отходов всех классов опасности из года в год растёт и практически в 2 раза превышает объём их использования и обезвреживания. При этом не учитывается огромный объём отходов, незаконно вывезенных на пустыри вблизи городов или посёлков. Для решения этой проблемы эффективным средством борьбы выступает экологический мониторинг. С развитием сети Интернет и повышением доступности базы данных спутниковых карт наблюдается воз-

[1] Волжский Гуманитарный институт (филиал) ФГАОУ ВО «Волгоградского государственного университета»; Россия, 404133, Волгоградская обл., Волжский, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* Sergienko.l@bk.ru
[2] Волгоградский государственный технический университет ФБГОУ ВО; Россия, 400005, Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 28; *e-mail:* Ser_p94@mail.ru
[3] Волгоградский государственный технический университет ФБГОУ ВО; Россия, 400005, Волгоград, пр-т им. В.И. Ленина, 28; *e-mail:* Nika.svetlova@bk.ru

можность обнаружить и каталогизировать объекты размещения отходов вокруг и внутри населённых пунктов. Наглядным методом мониторинга является использование разновременных космических снимков для выявления динамики разрастания свалок мусора. Применение геоинформационных систем (ГИС) позволяет муниципальным службам и научно-исследовательским объединениям в кратчайшие сроки, по меркам проведения каталогизации, провести подсчёт площадей, занимаемых несанкционированными объектами складирования отходов, и внести своевременные поправки в земельный кадастр и оперативно принять соответствующие меры. Данная исследовательская работа базируется на использовании снимков высокого разрешения, находящихся в открытом доступе, их анализе при помощи простых инструментов ГИС, доступных для широкого пользователя.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

отходы, класс опасности, полигон, снимки из космоса

ВВЕДЕНИЕ

Для управления в области обращения с отходами, образующимися в процессе жизнедеятельности города, необходимо понимать, какую опасность для окружающей среды представляют те или иные виды отходов, их компоненты, выбирать правильные условия хранения, транспортировки, выбора метода утилизации или переработки. Поэтому на сегодняшний день необходим постоянный мониторинг мест складирования различных видов отходов, так как они оказывают серьёзное негативное воздействие на все компоненты ландшафта за счет физического, химического, биологического загрязнения, а также являются одной из причин ухудшения качества жизни населения. Вместе с бурным развитием композиционных, упаковочных и др. материалов проблема стихийных свалок приобретает острый характер.

Существуют различные технологии мониторинга состояния и эксплуатации полигонов твёрдых бытовых и промышленных отходов, а также несанкционированных свалок. Несанкционированные свалки – очень многочисленные, крайне пространственно распределённые и в основном это небольшие по площади объекты. Вокруг одного посёлка городского типа может располагаться от нескольких десятков до полутора сотен мест несанкционированного размещения твёрдых отходов. Вокруг городов это число возрастает на порядок. В связи с этим полный наземный контроль связан с огромными финансовыми, временными, человеческими затратами, а во многих ситуациях просто невозможен. В таких условиях государственным органам остаётся осуществлять выборочный, единичный контроль и реагировать на конкретные сигналы. Как следствие – нет общей информационной картины во времени и в пространстве, трудно оценить сложность проблемы в целом, разработать исходя из реальной ситуации полный комплекс мероприятий по очистке, рекультивации, профилактике возникновения несанкционированных свалок [Варламов, 2005].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оперативную, актуальную информацию о масштабах проблемы можно получить с помощью снимков, сделанных из космоса. При этом в разы уменьшаются финансовые, временные, трудовые затраты. Безусловно, наиболее эффективная методика мониторинга мест складирования отходов должна опираться на современные компьютерные технологии, в частности, на базы данных ГИС. Космические снимки в сочетании с выборочным наземным контролем, а также другими источниками информации (электронными картами, цифровыми моделями рельефа), становятся основой для оперативного выявления, картографирования и мониторинга свалок. Функциональные особенности ГИС позволяют выполнять практически все задачи по мониторингу в камеральных условиях, сокращая тем самым время и расходы на полевые исследования [Шеина и др., 2005].

Методика выявления несанкционированных мест складирования отходов включает следующие обязательные шаги: подбор космических снимков с необходимыми временными

техническими характеристиками, выполнение их фотограмметрической обработки, дешифрирование снимков с целью выделения свалок и загрузка полученных результатов в ГИС.

Для упрощения и ускорения работы по поиску свалок, а также для повышения точности их выявления по снимку на этапе дешифрирования используются знания о возможном расположении свалок по отношению к антропогенным и природным объектам. Кроме установления самого факта складирования отходов и измерения количественных характеристик свалки по космическим снимкам можно определить воздействие свалки на компоненты вмещающего ландшафта. Это может быть повреждение травяного покрова, кустарников, деревьев по периферии свалки, наличие стоков с территории свалки, а также захламленность береговой линии и водной акватории, прилегающей к свалке. Для свалок характерна неправильная форма, вытянутость вдоль линейных объектов – авто- и железных дорог, склонов речных долин, берегов озер и болот. Содержащиеся в свалках материалы с высокими коэффициентами отражения дают резкое повышение яркости на космических снимках.

Фиксация мест складирования на карте позволяет сократить время на поиск очагов при полевых выездах. Безусловно, есть ряд качественных и количественных параметров свалок, которые на сегодняшний день с применением космических снимков зафиксировать нельзя. Для полноты данных производилась оценка морфологического состава отходов. Важным моментом при этом является сопряжение данных полевых наблюдений и результатов оцифровки спутниковых карт.

Для мониторинга несанкционированных свалок на территории г. Волжского была использована геоинформационная система ARCGIS 10.3.1, спутниковые разновременные снимки взяты из открытого веб-ресурса Google Earth.

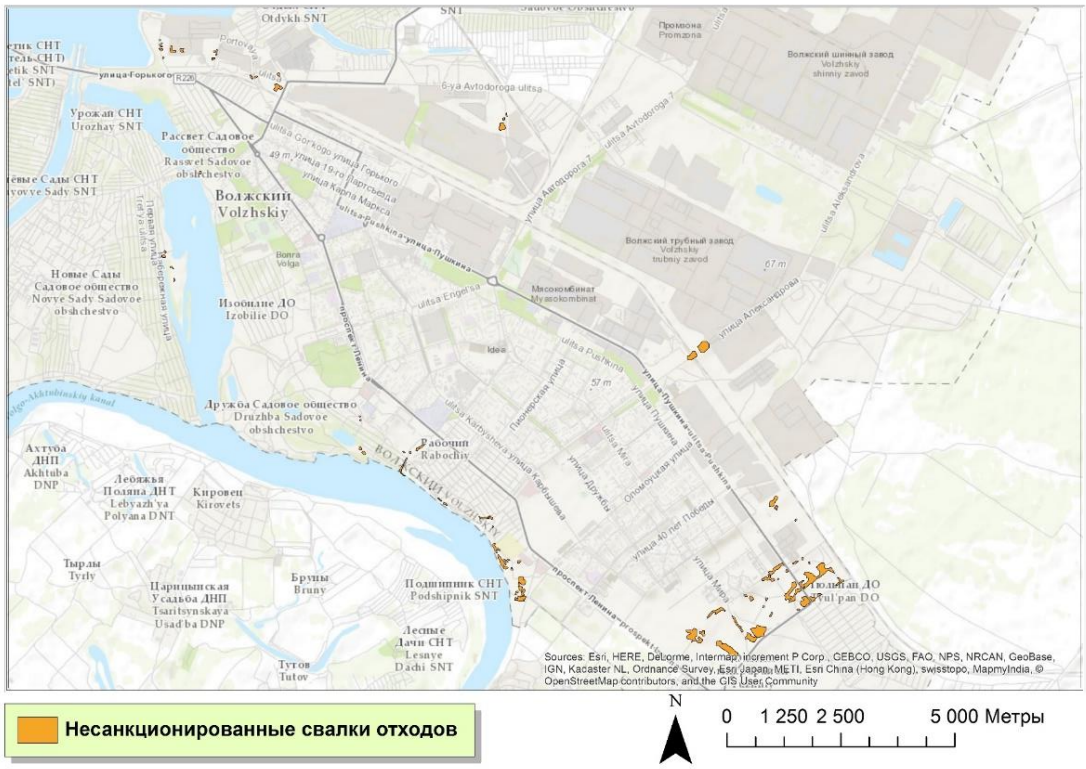


Рисунок 1. *Зафиксированные несанкционированные свалки отходов на территории г. Волжского*
Figure 1. *Recorded unauthorized landfills On the territory of Volzhsky*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории г. Волжского несанкционированные свалки расположены в основном на границе городской застройки. Для эффективного описания несанкционированных свалок производилось масштабирование участка до разрешения, удобного для формирования контуров. Далее сведения о местоположении заносились в базу данных ГИС путём создания полигональных векторных объектов (рисунок 1).

Всего выделено три наиболее замусоренных участка города. На ярко выраженные скопления отходов наложены векторные полигоны с цветовым обозначением. Данные о площади полигона, морфологическом составе и типе отходов занесены в атрибутивную таблицу объекта. Заключительная компоновка карты включает легенду с указанием места расположения опасных отходов.

- Новая часть города – 41 микрорайон, административная граница г. Волжского (рисунок 2);
- Береговая линия – п. Рабочий, СНТ «Дружба» и «Изобилие» (рисунок 3);
- Промышленная часть города – дорога на речной порт, в районе нефтебазы ООО «ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефтепродукт» (рисунок 4).

Для установления фактов сокращения или увеличения площади ранее выявленных свалок, а также для контроля выполнения мероприятий по их рекультивации очень эффективно изучение разновременных снимков (рисунок 5). На таких изображениях очень чётко видны изменения в площадном отношении объекты, в том числе и свалки.

Рисунок 2. *Расположение несанкционированных свалок в новой части города*
Figure 2. *Location of unauthorized landfills in the new part of the city*

Рисунок 3. *Расположение несанкционированных свалок в районе р. Ахтуба*
Figure 3. *Location of unauthorized landfills in the environs of the Akhtuba river*

Рисунок 4. *Расположение несанкционированных свалок в промышленной зоне города*
Figure 4. *Location of unauthorized landfills in the industrial zone of the city*

Рисунок 5. *Пример мониторинга несанкционированной свалки на территории городского округа – г. Волжский*
Figure 5. *Example of monitoring an unauthorized landfill on the territiry of Volzhsky*

Таблица 1. *Качественный состав несанкционированных свалок в г. Волжском с указанием компонентов I, II, III классов опасности*
Table 1. *Qualitative composition of unauthorized landfills of Volzhsky, indicating components of I, II, III classes of danger*

п/п	Наименование используемых (обезвреживаемых) отходов	Код по ФККО	Состав, наименование компонентов	Класс опасн-ти отхода
1	Компоненты электронные и платы, утратившие потребительские свойства	4 81 100 00 00 0	Полипропилен, стекловолокно, свинец, олово, медь, алюминий и др.	-
2	Лампы ртутные, ртутно-кварцевые, люминесцентные, утратившие потребительские свойства	4 71 101 01 52 1	Стекло, алюминий, ртуть	I
3	Химические источники тока марганцово-цинковые щелочные неповреждённые отработанные	4 82 201 11 53 2	Цинк, калий, марганец, сталь, углерод, латунь, целлофан, целлюлоза, загуститель коррозии	II
4	Тара из прочих полимерных материалов, загрязнённая лакокрасочными материалами (содержание 5% и более)	4 38 191 01 51 3	Неидентифицированные лакокрасочные материалы, полимерный материал	III
5	Тара из чёрных металлов, загрязнённая лакокрасочными материалами (содержание 5 % и более)	4 68 112 01 51 3	Сталь, неидентифицированные лакокрасочные материалы	III
6	Тара из чёрных металлов, загрязнённая нефтепродуктами (содержание нефтепродуктов 15% и более)	4 68 111 01 51 3	Сталь, нефтепродукты	III
7	Фильтры очистки масла автотранспортных средств отработанные	9 21 302 01 52 3	Железо, алюминий, нефтепродукты, резина	III

На основании вышеизложенных компонентов была создана база данных в программе ARCGIS 10.3.1, где можно отследить параметры каждой площадки. Сводная таблица отображает содержание базы данных об отходах с высоким классом опасности, обнаруженных в ходе полевых выездов. В таблице находятся сведения о морфологическом составе отходов на несанкционированных свалках с указанием класса опасности отхода, код по ФККО, состав компонентов отходов и класс опасности отхода; ряд карт с указанием мест размещения несанкционированных свалок на территории г. Волжского.

ВЫВОДЫ

Использование спутниковых снимков и применение баз данных ГИС являются эффективным методом контроля за состоянием окружающей среды, в частности в сфере обращения с отходами. Спутниковые снимки являются источником относительно актуальной и оперативной пространственной информации, и, что самое важное, – доступной для широкой аудитории. Интеграция в систему управления городским хозяйством позволяет решить ряд проблем, связанных с недостатком ресурсной базы, и принести несомненную пользу в кадастровой сфере г. Волжского, где вопрос с несанкционированными свалками стоит особенно остро. Полученные изображения территории в своей совокупности дают полный спектр исходных данных, обеспечивающих решение научных, образовательных и прикладных задач. Результатом проведённой каталогизации является обнаружение свыше 15 гектаров незарегистрированных мест складирования отходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Варламов А.А., Гальченко С.А.* Земельный кадастр. – Т. 6. Географические и земельные информационные системы: учеб. пособие. – М.: Колосс, 2005. – 400 с.
2. *Шеина С.Г., Бабенко Л.Л., Неделько С.С., Кобалия Н.Б.* Система управления твёрдыми бытовыми отходами с использованием ГИС-технологий // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4–2. – С. 171.

Lubov' I. Sergiyenko[1], Sergey V. Parinov[2], Svetlana P. Nikonorova[3]

MONITORING OF UNAUTHORIZED DUMPS WITH USE OF REMOTE SENSING ON THE EXAMPLE OF VOLZHSKIY

ABSTRACT

One of the actual problems bound with quality deterioration of the natural environment is inappropriate handling of solid waste. According to the State Report on Environment in 2014, the Russian Federation accumulates about 180 million tons of solid waste. This brings an increase in area landfills by more than 5000 ha. Volumes an waste of all hazard classes have been growing year by year and exceeds the volume of their use and neutralization more than twice. Besides, we do not take into account the large amount of waste illegally dumped on to the waste-ground near cities or towns. An effective means of fighting this problem is environmental monitoring. With the development of the Internet and the increased availability of the satellite map database, it is possi-

[1] Volzhsky Institute of Humanities (branch) Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, 404133, Volgograd Region, Volzhsky, 40 let Pobedy st 11; *e-mail:* Sergienko.l@bk.ru
[2] Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Technical University"; Russia, 400005, Volgograd, V.I. Lenin ave 28; *e-mail:* Ser_p94@mail.ru
[3] Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Technical University"; Russia, 400005, Volgograd, V.I. Lenin ave, 28; *e-mail:* Nika.svetlova@bk.ru

ble to detect and catalog waste disposal sites around and within settlements. Most effective method of monitoring is the use of different-time maps to identify the dynamics of the growth of garbage dumps. Earth remote sensing and GIS tools allow municipal services and research associations to count the areas occupied by unauthorized waste storage facilities, to make timely amendments to the land cadaster, and to respond appropriately, as soon as possible, by the standards of cataloging. This research has been based on the use of high-resolution images that are publicly available, and their analysis using simple GIS tools that are accessible to the public.

KEYWORDS:

waste, hazard class, landfill, images from space

REFERENCES

1. *Varlamov A.A., Gal'chenko S.A.* Zemel'nyy kadastr. T. 6. Geograficheskiye i zemel'nyye informatsionnyye sistemy: ucheb. posobiye [Land Registry. Volume 6. Geographical and land information systems: a textbook]. Moscow: Koloss, 2005, 400 p. (in Russian).
2. *Sheina S.G., Babenko L.L., Nedel'ko S.S., Kobaliya N.B.* Sistema upravleniya tverdymi bytovymi otkhodami s ispol'zovaniyem GIS-tekhnologiy [The control system of solid waste with using GIS technology], Inzhenernyy vestnik Dona, 2012, № 4–2, pp. 171 (in Russian).

УДК 528.88 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-111-119

А.В. Скрипчинский[1]

ОПЫТ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ОСНОВЕ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены основные виды космического мониторинга, проводимого в Северо-Кавказском федеральном университете. На основе общедоступных и принимаемых на собственную станцию космических снимков проводятся разнообразные виды мониторинга в интересах контрольно-надзорных органов: недропользования, землепользования, эрозионных процессов и лесов. Мониторинговые исследования базируются на ретроспективном анализе. В работе представлены результаты двух видов мониторинговых исследований. На основе открытых данных Министерства природных ресурсов и окружающей среды Ставропольского края производился космический мониторинг недропользования. Эти данные легли в основу сформированной географической базы данных по всем общедоступным месторождениям полезных ископаемых края, которая была дополнена информацией о разработке недр на основе снимков Spot 6/7 за 2015-2016 годы. По отдельным объектам по запросу судебных органов проводились углублённые наблюдения с увеличенным количеством хроносрезов. По результатам мониторинговых наблюдений выявлены основные проблемы – связанные как с нарушением границ, так и с неполнотой основных характеристик земельных участков. В интересах Министерства сельского хозяйства края на основе картографического материала банка данных о наличии земель от 1992 г. реализуется мониторинг землепользования. На примере одного из хозяйств края была разработана методика выявления трансформиро-

---

[1] ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», институт математики и естественных наук; 355009, Россия, Ставрополь, ул. Пушкина, 1, *e-mail:* ron1975@list.ru

ванных природных кормовых угодий и определён временной период этих изменений. Выявлены площади распаханных пастбищ, что впоследствии позволит оценить объём урожая, полученный с этих земель. Определены роль и качество исходных картографических данных и предложен способ их замещения на основе космической информации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

космический мониторинг, недропользование, землепользование

ВВЕДЕНИЕ

В 2013 году в Северо-Кавказском федеральном университете (СКФУ) вступила в строй наземная станция приёма космической информации УниСкан 36 и был создан Ресурсный центр аэрокосмических и геоинформационных технологий. Станция позволяет принимать данные дистанционного зондирования Земли различного пространственного разрешения. На первом этапе был организован приём информации со спутников Terra/MODIS, Aqua/MODIS и Suomi NPP. В 2015 году начал осуществляться приём космической информации со спутников Spot 6/7. С использованием программного обеспечения для обработки космических снимков Scanex Spot Tools, ScanMagic и Scanex ImageProcessor проводится комплексный космический мониторинг. Он осуществляется в интересах Следственного комитета по Ставропольскому краю, Министерства сельского хозяйства Ставропольского края, Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края, Федеральной службы по надзору в сфере природопользования Ставропольского территориального отдела и Федеральной службы Россельхознадзора по Ставропольскому краю и Карачаево-Черкесской Республике. Мониторинговые исследования реализуются по ряду направлений, среди которых можно выделить следующие приоритетные: недропользования и землепользования в части трансформации природных кормовых угодий. Достаточно часто на основе материалов космической съёмки специалисты Ресурсного центра СКФУ готовят экспертные заключения для представления их в судебные органы.

МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для мониторинга недропользования были использованы высокодетальные космические снимки с аппаратов Spot 6/7, поскольку данные с этих спутников охватывают период с сентября 2012 года (начало работы на орбите спутника Spot 6) по настоящее время. Доступ к архивным данным университет имеет через группу компаний «СКАНЭКС». В исключительных случаях используются материалы со спутника Spot 5. Подобный подбор материалов связан со спецификой объектов недропользования, которые имеют небольшие размеры и в основном специализируются на добыче общедоступных полезных ископаемых. Данные со спутников Spot 6/7 характеризуются небольшим периодом съёмки, так как одну территорию могут снять 2 спутника с промежутком 1–2 дня. Космоснимки с разрешением до 1,5 м позволяют наиболее точно производить метрические вычисления, что имеет большое значение при вычислении точностных характеристик явлений. Данные со спутника Spot 5 выступают в качестве дополнительных хроносрезов или расширения временного промежутка исследований.

Для мониторинга трансформированных природных кормовых угодий используются не только вышеописанные материалы, в первую очередь по причине выявления метрических показателей и особенностей дешифрирования, но и данные спутников серии Landsat. Последние применялись преимущественно для расширения временного промежутка исследований и для выявления особенностей использования земельных угодий.

В качестве источниковой базы для анализа объектов недропользования использовались открытые данные Министерства природных ресурсов Ставропольского края: перечень участков недр местного значения, содержащих общераспространённые полезные ископаемые на территории Ставропольского края; реестр действующих лицензий на право пользова-

ния недрами с общераспространёнными полезными ископаемыми на территории Ставропольского края по состоянию на 01.01.2017 г. Перечень участков недр позволяет получить данные о лицензионных участках недропользования, так как содержит географические координаты поворотных точек, а реестр действующих лицензий − установить организацию недропользователя.

Для мониторинга землепользования исходной информацией выступили материалы банка данных о наличии земель и их распределении по хозяйствам Ставропольского края по состоянию на середину 90-х годов XX века. Картографические материалы имеют масштаб 1:25000 и описывают состояние местности на 1992 г. Сопоставление этих материалов с данными Landsat – 4-5 инструмента TM – позволило выявить неточности в используемых картографических материалах. Использование космической информации с инструмента TM (Thematic Mapper) обусловлено единым пространственным разрешением тематических каналов – 30 м, что важно для тематической обработки.

В работе использовались данные информационного ресурса «Публичная кадастровая карта», портала услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии и данные геосервисов Яндекс и Google.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Мониторинговые исследования природных и антропогенных процессов базируются преимущественно на технологии ретроспективного анализа. Ретроспективный анализ – это получение сведений за определённые периоды времени (хроносрезы). Он производится для выявления изменений в качественном и количественном аспектах через определённые временные промежутки, устанавливаемые в зависимости от тематики исследования. Ретроспективный анализ используется с привлечением разнообразных материалов, которые применительно к данному исследованию характеризуют пространственную информацию.

Аэрокосмические материалы позволяют проанализировать состояние территории, каким оно было около 50 лет назад. Информация, которая в них заключена, не подлежит сомнению. Зачастую аэрокосмические материалы, переведённые в цифровую форму, не имеют или имеют весьма неточную пространственную «привязку». Важно отметить, что современный фонд аэрокосмических снимков даёт возможность проанализировать огромный спектр объектов и явлений и выбрать необходимые хроносрезы.

Для решения ряда задач с использованием ретроспективного анализа космическая информация зачастую является единственным способом получения информации о местности. На основе серии снимков достаточно детально описывают состояние местности и тем самым подробно рассматривают динамические процессы. Космические снимки позволяют получить множество тематических срезов по различным направлениям исследований [Kulik, Rulev *et al.*, 2010; Rubec, 1984].

В рассматриваемых видах мониторинга важной составляющей является оценка современного состояния территории, которое картографируется на основании космических снимков высокого пространственного разрешения. Ретроспективное картографирование проводится на основе материалов съёмки как среднего, так и высокого пространственного разрешения, а также картографических источников информации. В качестве итогового результата ретроспективного анализа выступает серия карт, отображающих состояние местности за различные временные промежутки и выполненных по единой методике. Помимо этого в качестве результата анализа может выступить статистический качественно-количественный анализ динамики изменения территории.

Рисунок 1. *Контроль за соблюдением лицензионного недропользования.*
Космический снимок Spot 6, от 05.09.2015 г.
с наложенной границей лицензионного участка недр – красная линия.
Оранжевым цветом показаны незаконные участки недропользования
Figure 1. *Control over observance of subsoil licensing.*
The Spot 6 space image from 05.09.2015,
with super imposed boundary of the licensed subsoil plot – red line.
Orange color shows areas of illegal mining

При проведении мониторинга недропользования визуальное дешифрирование, совмещения векторных и растровых данных и расчёты площадей производились в программе Scanex Image Processor. Формирование геобазы данных, наполнение её получаемыми данными, создание картографических произведений производились в программе ArcGIS. В ней же за счёт подключения Публичной кадастровой карты осуществлялось совмещение с результатами дешифрирования космических снимков.

При мониторинге распаханных пастбищ геометрическое трансформирование картографических материалов и создание картографических материалов было проведено в программе ArcGIS. Космические снимки в части создания мультивременных композитов, расчёта NDVI,

визуального дешифрирования, автоматизированного создания векторных полигонов и совмещение картографических и векторных материалов с космическими снимками обрабатывались в программе Scanex Image Processor.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате мониторинга объектов недропользования было выявлено, что не все месторождения в настоящее время разрабатываются, так в пределах одного административного района Ставропольского края из одиннадцати месторождений, оформленных документально, разрабатываются недра только на шести. Зачастую недропользователи выходят за границы лицензионного участка недр и используют земельные участки, не предназначенные для этих целей (рисунок 1).

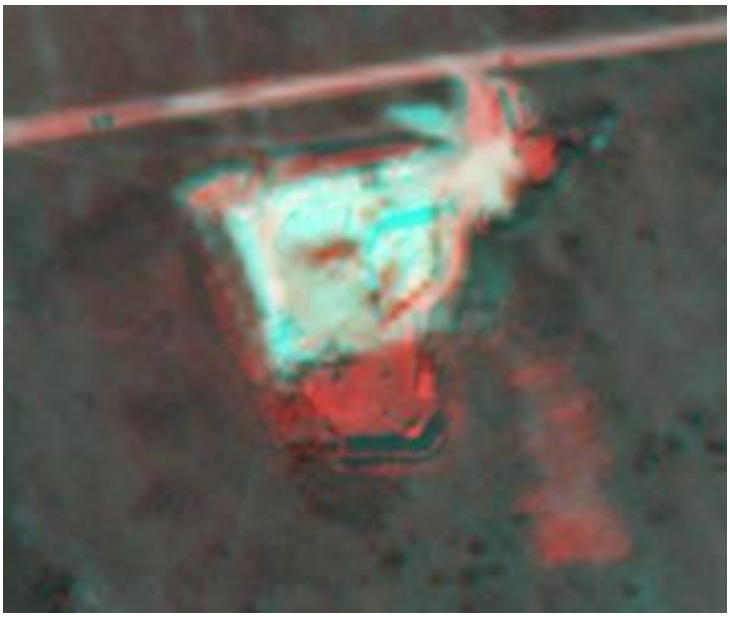


Рисунок 2. *Композит разновременных снимков на основе данных с космических аппаратов Spot 6, от 04.09.2015 г. и Spot 7 от 15.09.2016 г.*
Оттенками красного показаны произошедшие изменения
Figure 2. *Color composite of multi-temporal Spot 6 images, 09.04.2015 and Spot 7, 09.15.2016.*
The changes are revealed by red shades

Для визуализации и расчётов изменений нами используются мультивременные композиты, явственно отображающие изменения. Для их создания была использована цветовая модель RGB. В канал R помещается изображение наиболее позднего срока, а в каналы G и B – изображение раннего срока съёмки. После создания RGB модели изменения, произошедшие в пределах исследуемой территории, выделяются красным цветом или его оттенками (рисунок 2).

Таким образом, проведя космический мониторинг недропользования за 2015-2016 гг., были выявлены несоответствия между границами лицензионных участков разработки недр и фактическими. Не все земельные участки, на которых производится разработка, состоят на кадастровом учёте. Значительная доля объектов недропользования располагается на земельных участках, стоящих на кадастровом учёте, но не имеющих законной категории земель и других атрибутов. Отдельные земельные участки, на которых производится недропользование, имеют категорию земель «земли сельскохозяйственного назначения».

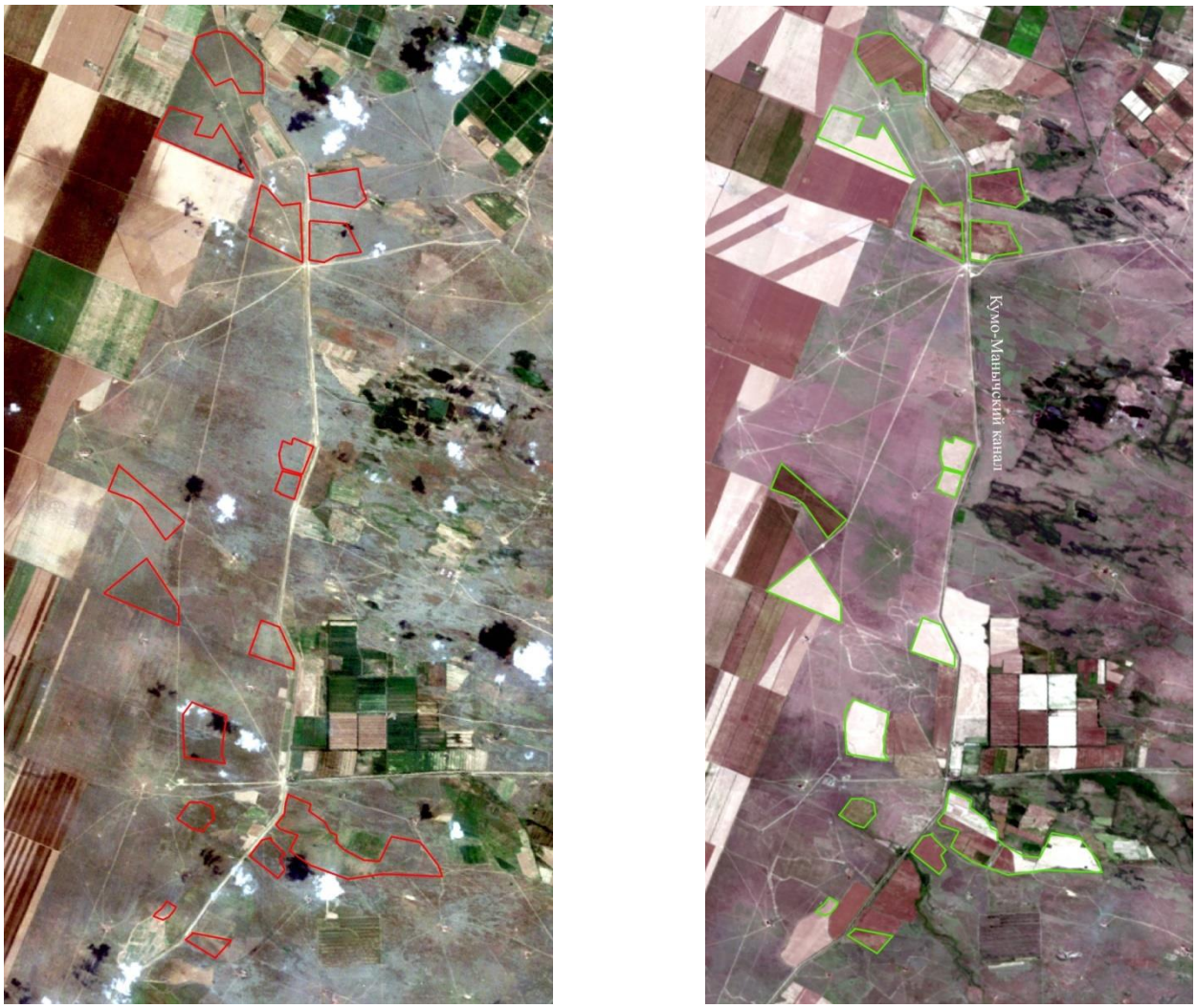
Апробированная технология мониторинга природных кормовых угодий позволила нам не только выявить распаханные земельные участки, но и её скорректировать. Для картографических материалов, используемых в качестве основы, потребовалась тщательная геомет-

рическая коррекция из-за некорректного их формирования (неточной склейки листов). Трансформирование картографической основы проводилось в два этапа (разные части исходной карты).

Для выявления распаханных пастбищ были рассмотрены пять хроносрезов – данные с космических аппаратов: Landsat 5 (1991 г.), Landsat 7 (1999 г.), Spot 5 (2006 г.), Spot 6 (2015 г.) и Spot 7 (2016 г.). На первом этапе было по результатам совмещения плана от 1992 года с космическим снимком от 1999 года было выявлено, что площади распаханных пастбищ в пределах рассматриваемого хозяйства составили 41,5 га. К 2006 году – 47 га, и к 2016 году – 48 га (рисунок 3). Важно отметить, что распаханы были одни и те же участки пастбищ. Максимальная степень трансформации пастбищ в изучаемом хозяйстве была достигнута к 1999 году.

Рисунок 3. *Совмещение космического снимка Spot 7, от 03.08.2016г. и данных плана 1992 г. (фрагмент)*
Figure 3. *The combination of Spot 7 satellite image, from 03.08.2016 and data of plan 1992 (fragment)*

По такой же технологии нами выявлялись трансформированные природные кормовые угодья на востоке края, где масштабы проблемы весьма значительны. Для сравнительного анализа нами были выбран участок Левокумского района Ставропольского края. Особенностью восточных районов края является отчётливый переход от возделываемых сельскохозяйственных угодий к природным кормовым угодьям, представленным комплексными полынно-злаковыми степями. Именно в этой части края за последние 20 лет произошли наибольшие изменения.



Данные Landsat 5, от 17.06.1991 г.
Landsat 5 data as of 06.17.1991

Данные Landsat - 8, от 14.06.2016 г.
Landsat 8 data as of 06.14.2016

Рисунок 4. *Мониторинг распашки пастбищ в Левокумском районе Ставропольского края.*
Распаханные участки на космическом снимке от 14.06.2016 г. выделены зелёным цветом.
Идентичные земельные участки на снимке от 17.06.1991 г. выделены красным цветом
Figure 4. *Monitoring of grassland ploughing in Levokumski District, Stavropol Region.*
Plowed plots on the satellite image of 14.06.2016 are revealed by green shades.
Identical plots in the picture of 17.06.1991 are revealed by red shades

Использование алгоритма Change detection для выявления изменений не позволило явственно выявить распаханные пастбища. Это связано с большой пестротой сельскохозяйственных угодий, различным состоянием природных пастбищ и разнообразием состояний полей. Все эти факторы сказываются, несмотря на достаточно точный подбор хроносрезов космических снимков. Нами проводился точный подбор временных характеристик космических снимков (Landsat 5 и Landsat 8), вплоть до 1 недели, но точность выявления составила около 30%. Дальнейшие наши попытки увеличить процент выявления изменений завершился неудачей, что связано с конкретными погодными условиями каждого года. Можно предположить, что необходимо использовать годы-аналоги, хотя это также может не позволить значительно увеличить точность дешифрирования, поскольку состояние распаханных природных кормовых угодий характеризуется широким разнообразием. Технология выявления изменений (распаханных пастбищ) с использованием алгоритма Change detection потребовала

дополнительной ручной доработки. Результат обработки космических снимков представлен на рисунке 4.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проводимые мониторинговые исследования напрямую связаны с ретроспективным анализом, который базируется на использовании картографических и космических материалов на основе геоинформационных технологий. Результаты мониторинга недропользования позволили выявить несоответствие участков разработки недр лицензионным участкам недропользования. Часть земельных участков, на которых производится разработка недр, имеет категорию «земли сельскохозяйственного назначения». Созданная база геоданных содержит информацию о фактических площадях недропользования в 2015 и 2016 годах по месторождениям общедоступных полезных ископаемых Ставропольского края. Разработана технология выявления распаханных пастбищ с использованием архивных картографических материалов и космических снимков. Выявлена низкая эффективность использования алгоритма Change detection для определения распаханных пастбищ. В результате апробирования технологии выявления распаханных пастбищ был доказан метод замещения архивных картографических материалов данными космической информации без потери точностных характеристик картографируемых явлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kulik K.N., Rulev A.S., YuferevV.G.* Aerospace monitoring of pastures in conditions of dry steppe and semi-desert // Science, technique and innovation technologies in an epoch of great revival: abstracts of reports International Scientific Conference (June 12–14, 2010). – Ashgabat, 2010. – Pp. 406–407.
2. *Rubec C.D.A.* Applications of remote sensing in ecological land survey in Canada // Canadian Journal of Remote Sensing. – 1984. – Vol. 9. – № 1. – Pp. 19–30.

Andrey V. Skripchinsky[1]

EXPERIENCE OF MONITORING RESEARCH ON THE BASIS OF SPACE INFORMATION IN THE NORTH-CAUCASIAN FEDERAL UNIVERSITY

ABSTRACT

The article considers the main types of space monitoring carried out in the North-Caucasian Federal University. Based on publicly available and accepted at your own station space images are various types of monitoring in the interests of regulatory bodies are being performed: subsoil and land use, erosion and forests. Monitoring studies are based on retrospective analysis. The paper presents the results of two types of monitoring studies. Based on open data of the Ministry of Natural Resources and Environment of Stavropol Region the space monitoring of subsoil use was carried out. These data formed the basis of the generated geographic databases for all public mineral deposits of the region, which was complemented by information on the development of subsoil on the basis of the Spot 6/7 images for 2015-2016. In some objects at the request of the legal authorities in-depth monitoring with an increased number of time simples was carried out. According to the results of monitoring observations the main problems have been revealed – relating both to the violation of borders and the incompleteness of the basic characteristics of the land. In the interests of the Ministry of Agriculture of the Region on the basis of cartographic material of the databank

[1] North-Caucasian Federal University, Institute of Mathematics and Natural Sciences; 355009, Russia, Stavropol, Pushkin st 1; *e-mail:* ron1975@list.ru

about the availability of lands from 1992 the land use monitoring has been implemented. The example of one of the region farms was used to develop a methodology for the identification of transformed natural grasslands and defining the time period of these changes. The identified area of cultivated pastures will allow one to estimate the amount of harvest received from these lands. The role and the quality of the original map data have been defined and the method for their substitution on the basis of space information has been proposed.

KEYWORDS:

space monitoring, subsoil use, land use

REFERENCES

1. Kulik K.N., RulevA. S., YuferevV.G. Aerospace monitoring of pastures in conditions of dry steppe and semi-desert, Science, technique and innovation technologies in an epoch of great revival: abstracts of reports International Scientific Conference (June 12–14, 2010), Ashgabat, 2010, pp. 406–407.
2. Rubec C.D.A. Applications of remote Sensing in ecological land survey in Canada, Canadian Journal of Remote Sensing, 1984, Vol. 9, No 1, pp. 19–30.

УДК 504.455+528.854 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-119-131

М.С. Баранова[1], А.И. Кочеткова[2], О.В. Филиппов[3], Е.С. Брызгалина[4], О.А. Объедкова[5]

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЗАЛИВОВ И УСТЬЕВЫХ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРЕСЫПЕЙ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

АННОТАЦИЯ

В статье приведены результаты исследования заливов и устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей Волгоградского водохранилища в ходе полевых экспедиционных исследований с применением геоинформационных систем и спутниковых снимков. По результатам многолетних полевых наблюдений и исследований по спутниковым снимкам было выявлено, что естественные пересыпи абразионнно-аккумулятивного генезиса на сегодняшний день имеют большинство малых и средних заливов. В работе дана краткая характеристика таких заливов, как Длинный Липовый, Жаркова, Короткий Липовый, Большой, Ростовый, Мостовой, Другалка. Авторами были созданы батиметрические карты и графики про-

---

[1] Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* maria_baranova2902@rambler.ru

[2] Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* aikochetkova@mail.ru

[3] Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* ovfilippov@list.ru

[4] Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* bryzgalina_elena@mail.ru

[5] Волжский гуманитарный институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»; Россия, Волгоградская область, Волжский, 404133, ул. 40 лет Победы, 11; *e-mail:* 79195448797@ya.ru

дольных профилей для акваторий некоторых заливов правобережья, рассчитаны площади устьевых перемычек и площади мелководной зоны. Заливы, характеризующиеся во входном створе глубинами от 9 до 16 м, не имеют предрасположенности к перекрытию их пересыпью, а ряд заливов в настоящее время находится в стадии отделения. В ходе настоящего исследования было установлено, что максимальная глубина отделившихся заливов не превышает 6,5 метров; активный процесс отчленения захватывает как малые, так и средние заливы; в пределах изученных заливов значительную площадь занимают мелководья с глубинами до 2 метров (от 30 до 98 % площади внутренней акватории залива); геоинформационные системы и спутниковые снимки позволяют анализировать, дополнять и обобщать данные полевых исследований, а также получать наглядные картографические материалы. По результатам батиметрической съёмки выявлено достаточно активное накопление наносов в абразионно-аккумулятивных формах подводного и надводного рельефа всех исследованных заливов водохранилища.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Волгоградское водохранилище, геоинформационные системы, абразионно-аккумулятивные перемычки, заливы, батиметрические характеристики

ВВЕДЕНИЕ

Волгоградское водохранилище – одно из крупнейших равнинных русловых водохранилищ мира и России, образованное с возведением плотины ГЭС на реке Волге у города Волгограда в 1958 г. Самое протяжённое в системе Волжских водохранилищ оно является завершающим в их каскаде. Площадь водохранилища при НПУ превышает 3,1 тыс. км^2; общий объём – свыше 31,4 км^3; полезный объём – 8,2 км^3; длина по фарватеру достигает 526 км; средние значения ширины и глубины – соответственно 5,9 км и 10,1 м, наибольшая ширина акватории, не прерываемая береговой линией островов, достигает 13,7 км, максимальная глубина – 42 м. Волгоградское водохранилище было наполнено до проектных отметок в 1961 г., с 1962 г. находится в нормальном эксплуатационном режиме. По условиям гидрологического режима, а также по особенностям морфологического строения ложа и берегов Волгоградское водохранилище можно разделить на три участка: озёрный (Волжская ГЭС – пос. Ровное), озёрно-речной (пос. Ровное – г. Маркс) и речной (г. Маркс – Саратовская ГЭС). Геологическое строение и рельеф склонов водохранилища создают благоприятные условия для развития процессов их переформирования. В строении склонов правого берега преобладают плотные полускальные породы (песчаник, опока), устойчивые к действию размыва берегов водохранилища, а в склонах левобережья – менее плотные и более молодые осадочные породы (суглинки, супеси, песок). Темп береговой деформации, охватывающий период с момента образования водохранилища, составляет у левого берега 4,4-5,9 м/год, у правого – 0,1-1,8 м/год [подробнее в статье Филиппова О.В. «Абразия на Волгоградском водохранилище: современное состояние и перспективы развития процесса» в сборнике «Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища», 2009].

Процесс переформирования берегов водохранилища развивается уже более 50 лет. К основным проявлениям процесса можно отнести не только отступление береговой линии с утратой территорий и обрушением береговых склонов, но и формирование абразионно-аккумулятивных перемычек, абразионно-аккумулятивных отмелей и наполнение водоприёмной чаши водохранилища продуктами разрушения (заиление и занесение) [Филиппов, 2009].

Производный процесс отчленения устьев небольших и средних по размерам заливов Волгоградского водохранилища, образовавшихся при затоплении его водами низовий балок, оврагов и небольших притоков, был инициирован вдольбереговым переносом материала переработки береговых склонов. Основными элементами отчленяющихся заливов являются естественные абразионно-аккумулятивные перемычки (пересыпи). На начальной стадии

процесса возникают надводные косы из грубого по составу материала. Формирующийся у дна порог незначительно возвышается над исходным батиальным рельефом устьевого створа. В конечной стадии развития процесса возникает сплошная перемычка, которая полностью отделяет акваторию залива от основной акватории водохранилища. Единая экосистема оказывается полностью или частично разобщённой. Внутри залива начинает формироваться собственная экосистема лимнического типа с преобладанием органогенного заиления и нарастанием признаков заболачивания. В то же время экосистема основной части водохранилища, утрачивая прямую аквальную связь с заливом, теряет трофические звенья и ряд экологических условий, обеспечивающих целостность и качественный уровень экосистемы [Филиппов, 2009]. В настоящее время на обоих берегах водоёма можно выделить три категории заливов (открытые, закрытые и закрывающиеся).

Полевые исследования абразионно-аккумулятивных процессов в устьевых створах заливов и притоков Волгоградского водохранилища ведутся нами начиная с 2008 года в ходе реализации проекта «Волжский плавучий университет» (ВПУ) и при выполнении исследований по грантам. Особое внимание уделяется устьевым створам заливов нижнего участка Волгоградского водохранилища. По морфометрии нижний участок наиболее близок к озёрным условиям, потому и был назван озёрным. Для него характерно наибольшее развитие процесса размыва берегов и его производных процессов и, как следствие, наибольшие объёмы размыва береговых склонов, и наиболее интенсивный транспорт и седиментация продуктов разрушения.

При изучении абразионно-аккумулятивных процессов помимо полевого метода исследований также эффективно использование географических информационных систем (геоинформационных систем, ГИС) и спутниковых снимков. Геоинформационные системы и базы данных уже много лет служат основой теоретических и прикладных исследований в науках о Земле. Их основное назначение – обеспечение выполнения пространственного анализа размещения связей, динамики и иных отношений пространственных объектов. Базы тематических данных, применяемые совместно с математическим методом обработки, открывают новые пути в количественном изучении закономерностей функционирования экосистем разного пространственного уровня. Методы пространственного анализа в ГИС применяются с целью повышения эффективности сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных. Они позволяют быстро и точно выполнить картометрические работы и расчёты, исключить случайные ошибки при выполнении последних; осуществить мониторинг состояния водных ресурсов и прилегающих территорий и представить полученный материал в картографическом виде; сформировать базу для хранения пространственных данных об объекте исследования [ГИС Астраханского заповедника, 1999].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящем исследовании нами были изучены абразионно-аккумулятивные пересыпи в устьевых створах заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища и получены батиметрические карты внутренней акватории последних по материалам ВПУ, а также проанализированы спутниковые снимки с целью выявления закрытых и закрывающихся заливов.

Методы натурных наблюдений включали в себя геометрическое и гидростатическое нивелирование с последующим получением картографических материалов и проведением необходимых расчётов; визуальную оценку заливов и абразионно-аккумулятивных перемычек.

Данные батиметрической съёмки изученных мелководий были получены с помощью эхолотного комплекса LOWRANCE, который позволяет осуществить промеры глубин и получить координаты тех точек, в которых они измеряются. Полученные с эхолота данные подвергаются предварительной обработке, которая производится в программах Sonar Viewer 2.1.2, Global Mapper 13 и Surfer 10. Программы Sonar Viewer 2.1.2 и Global Mapper 13 позво-

ляют конвертировать данные в различные форматы (csv, xyz, shp) и изменять их пространственную привязку. Программа Surfer 10 позволяет удалять некорректные значения, которые в дальнейшем могут помешать анализу данных, в ней при необходимости возможна трансформация значений глубин из одной единицы измерения в другую (например, из футов в метры) [Баранова, Куприй, 2014].

Для получения батиметрических карт нами был применён метод интерполяции в модуле Spatial Analist программы ArcGIS 9.3. Интерполяция рассчитывает значения ячеек растра на основании ограниченного числа точек измерений. При этом исходные точки, содержащиеся в атрибутивной таблице, могут быть распределены равномерно или случайным образом [ArcGIS 9. Spatial Analyst, 2004]. Пространственная модель рельефа в виде регулярной матрицы высот обеспечивает больше возможностей для последующего анализа. В данном случае результатом интерполяции является растровая модель GRID. В модуль Spatial Analist включены следующие методы интерполяции: Интерполяция значений с весом, обратно пропорциональным расстоянию, Сплайн и Кригинг. Нами было выявлено, что наиболее перспективным для получения батиметрических карт является применение метода обратно взвешенных расстояний (ОВР). ОВР вычисляет значения ячеек по среднему от суммы значений точек замеров, находящихся вблизи каждой ячейки. Чем ближе точка к центру оцениваемой ячейки, тем больший вес или влияние имеет её значение в процессе вычисления среднего. Этот метод предполагает, что влияние значения измеренной переменной убывает по мере увеличения расстояния от точки замера [ArcGIS 9. Spatial Analyst, 2004].

Как правило, область, для которой требуется провести интерполяцию, ограничена контурами исследуемого участка. Например, контуром залива, в пределах которого проведены измерения глубины. Поэтому при проведении интерполяции предварительно необходимо установить параметры анализа данных. В панели инструментов Spatial Analist выбираются «Опции» и во вкладке «Общие» – маска анализа как у полигонального слоя контура участка, а также минимальный из всех возможных размер выходной ячейки растра. Во вкладке «Экстент» устанавливается экстент (граница области карты, на которой видны отображаемые объекты) как у полигонального слоя контура участка. Экстент всех создаваемых при анализе наборов данных будет соответствовать выбранному слою [Баранова, Куприй, 2014].

Интерполяция методом «Обратно взвешенных расстояний» производилась в модуле Spatial Analyst. В качестве исходных были взяты шейп-файлы, содержащие значения глубины и уровня воды в заливах. Выбирается поле со значениями высоты, которое мы хотим использовать для интерполяции, задаётся размер выходной ячейки растра и тип радиуса поиска точек. В том случае, если точки измерения высоты (глубины) расположены неравномерно, используется переменный радиус поиска, а если точки распределены равномерно и расположены в узлах сетки – фиксированный [ArcGIS 9. Spatial Analyst, 2004]. В результате получается карта проинтерполированных значений, на которой равные значения соединены изолиниями. Интервал между соседними изолиниями возможно изменить и выбрать классификацию значений методом заданных интервалов. Оптимальным при проведении наших исследований оказался интервал 0,5 м.

Трёхмерная визуализация рельефа даёт более наглядное представление о распределении высот исследуемой поверхности. Триангуляционная нерегулярная сеть (TIN) позволяет более точно, чем растр моделировать поверхности, которые могут резко менять форму на одних участках и незначительно – на других [ArcGIS 9. Spatial Analyst, 2004]. В модуле 3d Analyst создаётся триангуляционная поверхность из выбранных объектов. В том случае, если уже был создан растровый слой из выбранных объектов, он конвертируется в формат TIN [Баранова, Куприй, 2014].

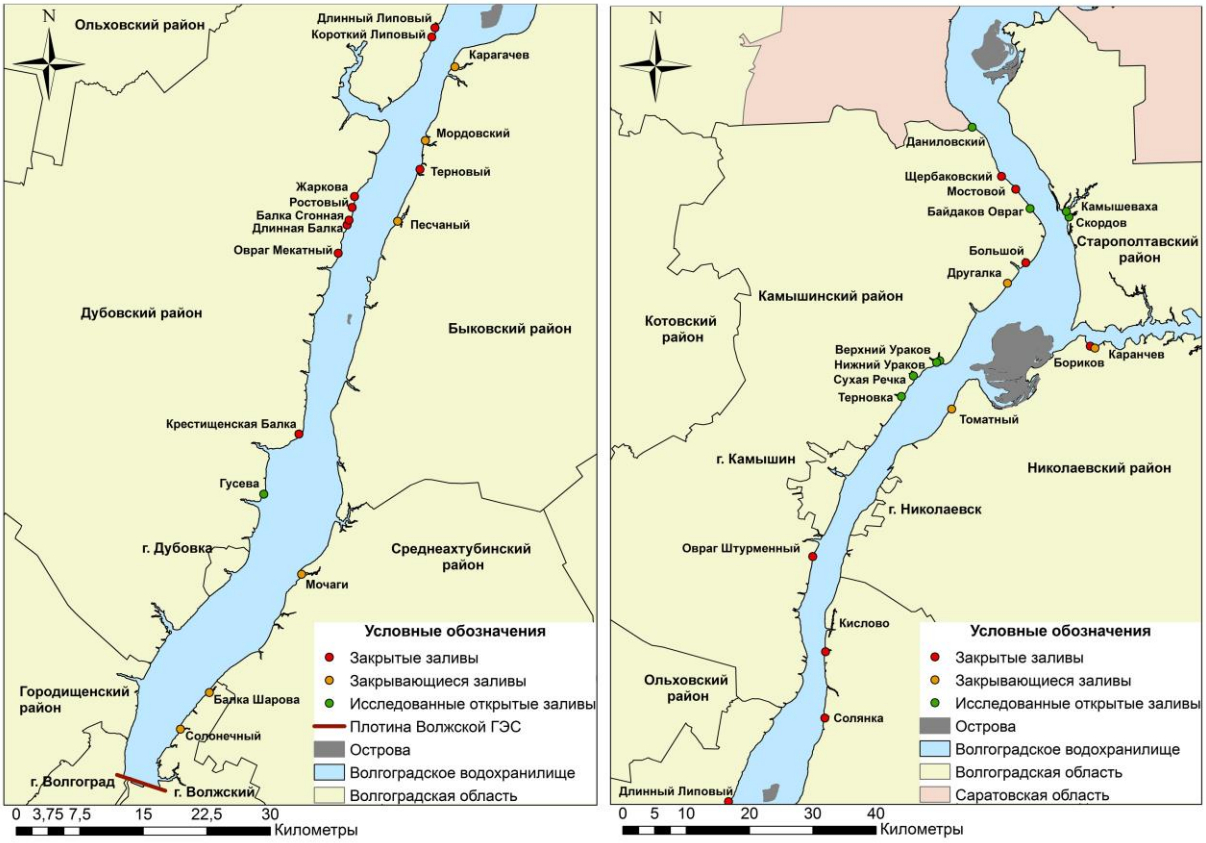


Рисунок 1. *Карта исследованных заливов Волгоградского водохранилища*
Figure 1. *Map of investigated bays of the Volgograd reservoir*

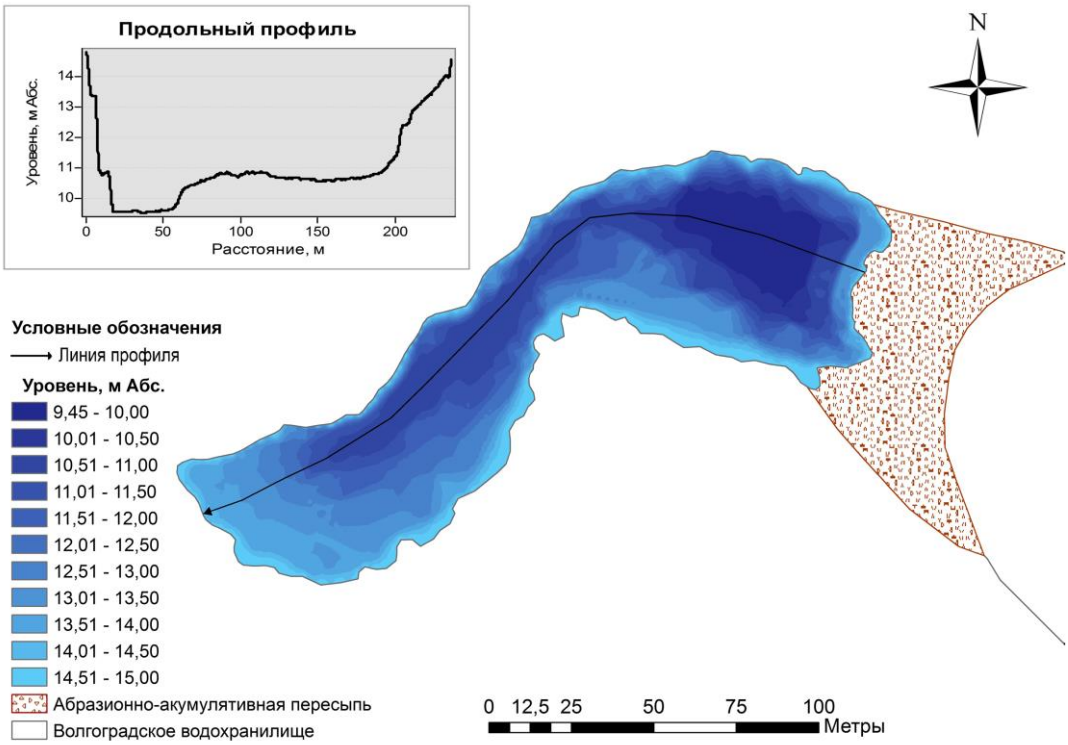


Рисунок 2. *Батиметрическая характеристика залива Длинный Липовый (2016 г.)*
Figure 2. *Bathymetric characteristic of Dlinniy Lipoviy Bay (2016)*

В зависимости от задач исследования в некоторых случаях требуется построение горизонтальных профилей рельефа. В модуле 3d Analyst выбирается необходимый растровый слой, по которому строится профиль. С помощью инструмента «Интерполировать линию» прокладывается линия профиля по карте, а инструмент «Создать график профиля» создаёт график проложенного профиля [Баранова, Куприй, 2014].

Для выявления закрытых и закрывающихся заливов нами были проанализированы спутниковые снимки TM (Landsat 5) и ETM+ (Landsat 7) 1986-2010 гг. с пространственным разрешением 30 м, взятые из Глобального архива геологической службы США [Глобальный архив геологической службы США (USGS), 2017].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам многолетних полевых наблюдений и исследований по спутниковым снимкам было выявлено, что естественные пересыпи абразионнно-аккумулятивного генезиса на сегодняшний день имеет большинство малых и средних заливов, среди которых обследованы: Жаркова, Длинный Липовый, Короткий Липовый, Ростовый, Овраг Мекатный, Мостовой, Большой, Бориков, Щербаковский и некоторые другие. Заливы, характеризующиеся во входном створе глубинами от 9 до 16 м, не имеют предрасположенности к перекрытию их пересыпью: Гусева, Даниловский, Верхний Ураков, Нижний Ураков и другие. Ряд заливов находится в стадии отделения: Другалка, Томатный, Карагачев, Каранчев (рисунок 1 а, б) [подробнее в статье: Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Баранова М.С., Куприй А.А., Сионихина Е.Н. «Некоторые результаты наблюдения за переформированием берегов Волгоградского водохранилища в ходе полевых исследований и по спутниковым данным» в сборнике «Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: труды Междунар. науч.-практ. Конф» (29 мая - 31 мая 2015 г., Пермь].

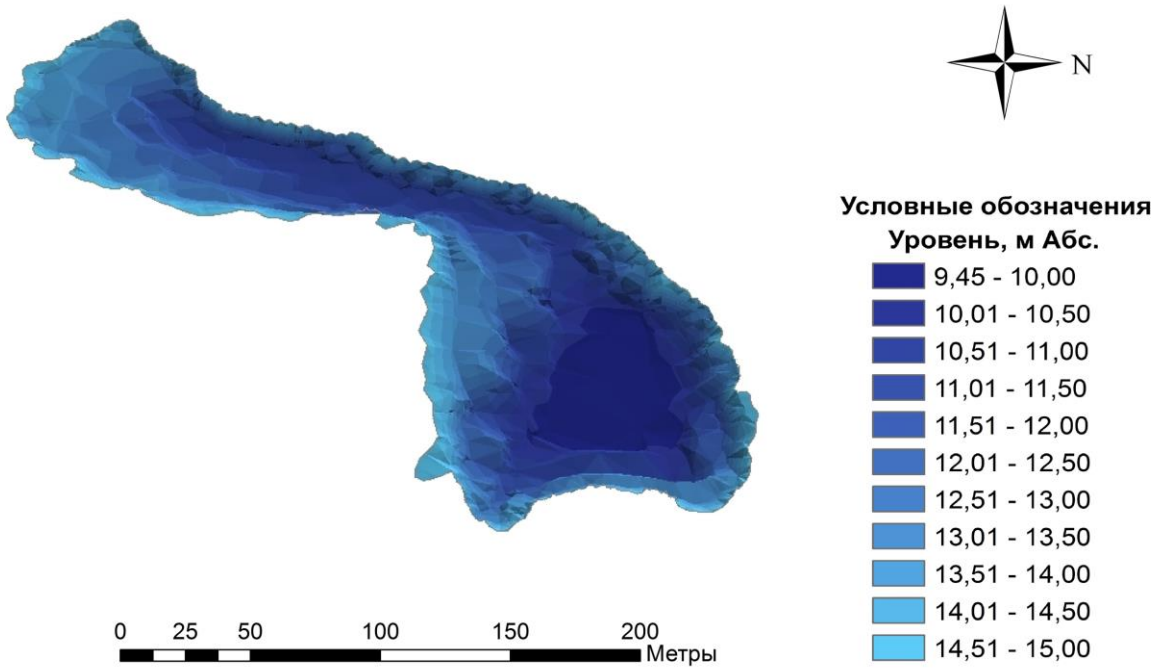


Рисунок 3. *Трёхмерная визуализация рельефа залива Длинный Липовый (2016 г.)*
Figure 3. *Three-dimensional visualization of the Dlinniy Lipoviy Bay relief (2016)*

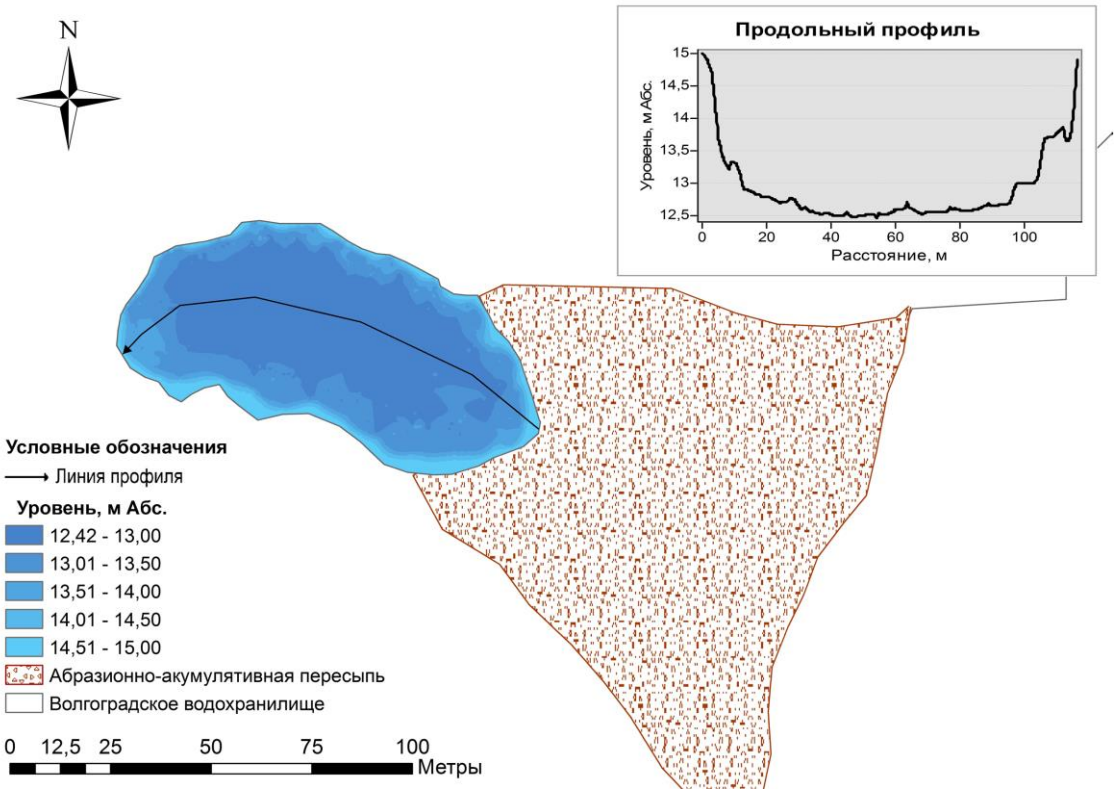


Рисунок 4. *Батиметрическая характеристика залива Жаркова (2016 г.)*
Figure 4. *Bathymetric characteristic of Zharkov Bay (2016)*

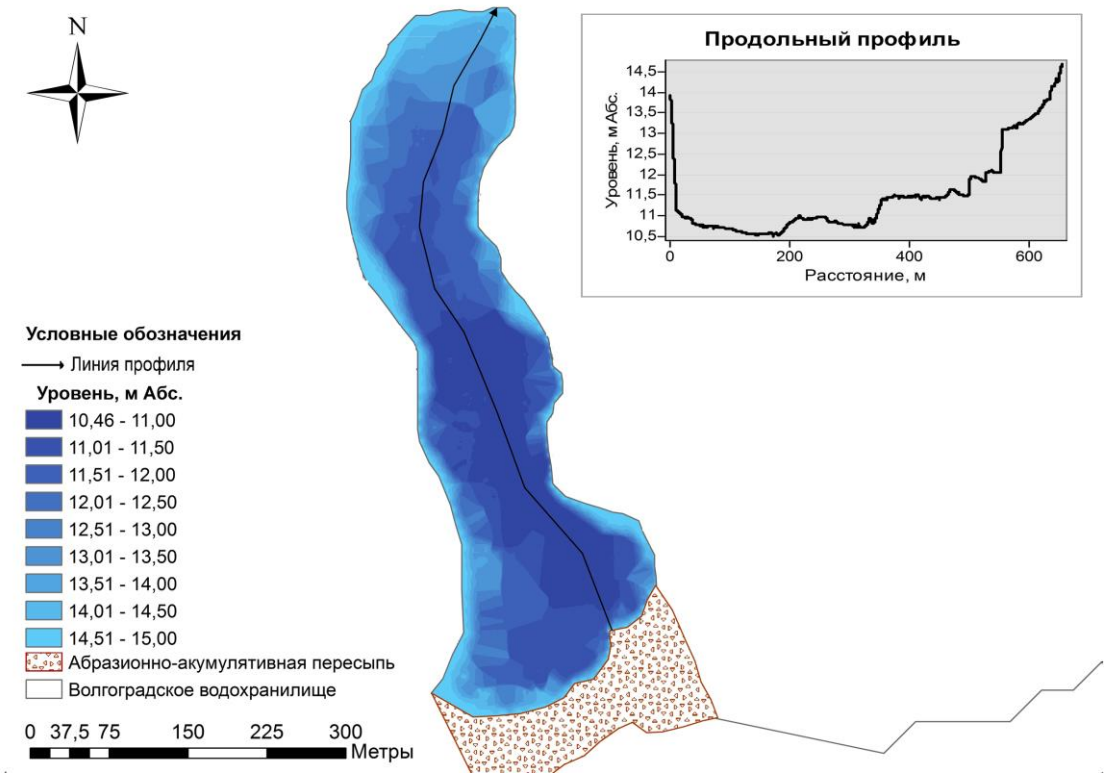


Рисунок 5. *Батиметрическая характеристика залива Большой (2014 г.)*
Figure 5. *Bathymetric characteristic of Bolshoy Bay (2014)*

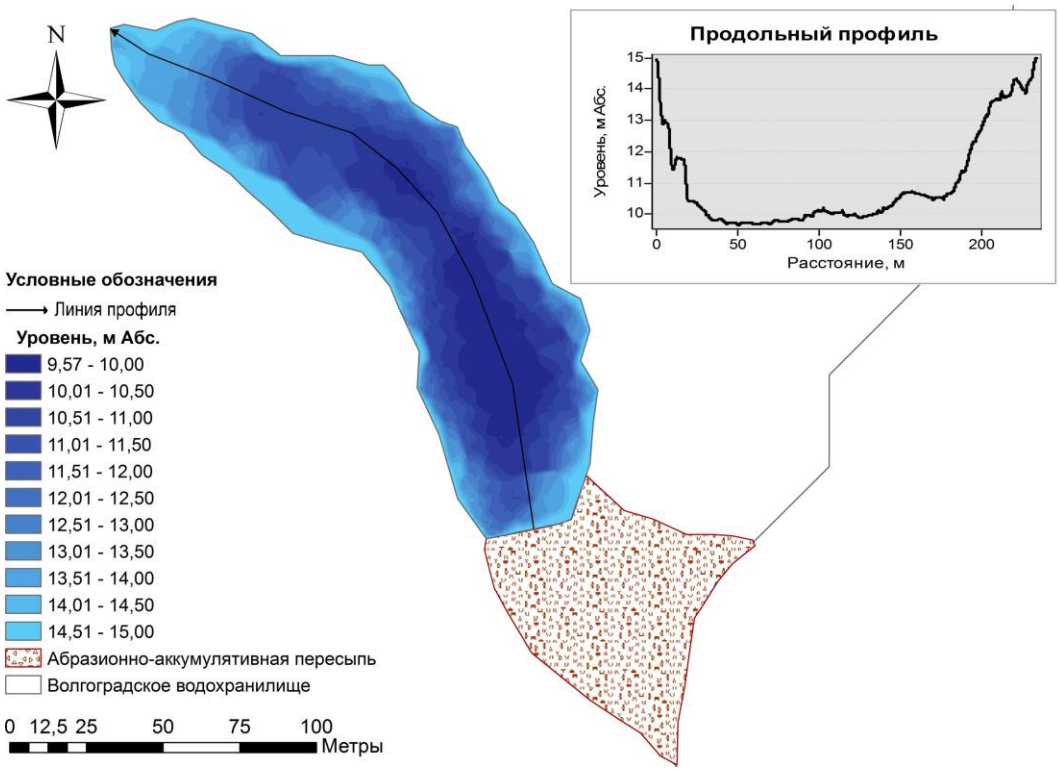


Рисунок 6. *Батиметрическая характеристика залива Ростовый (2013 г.)*
Figure 6. *Bathymetric characteristic of Rostoviy Bay (2013)*

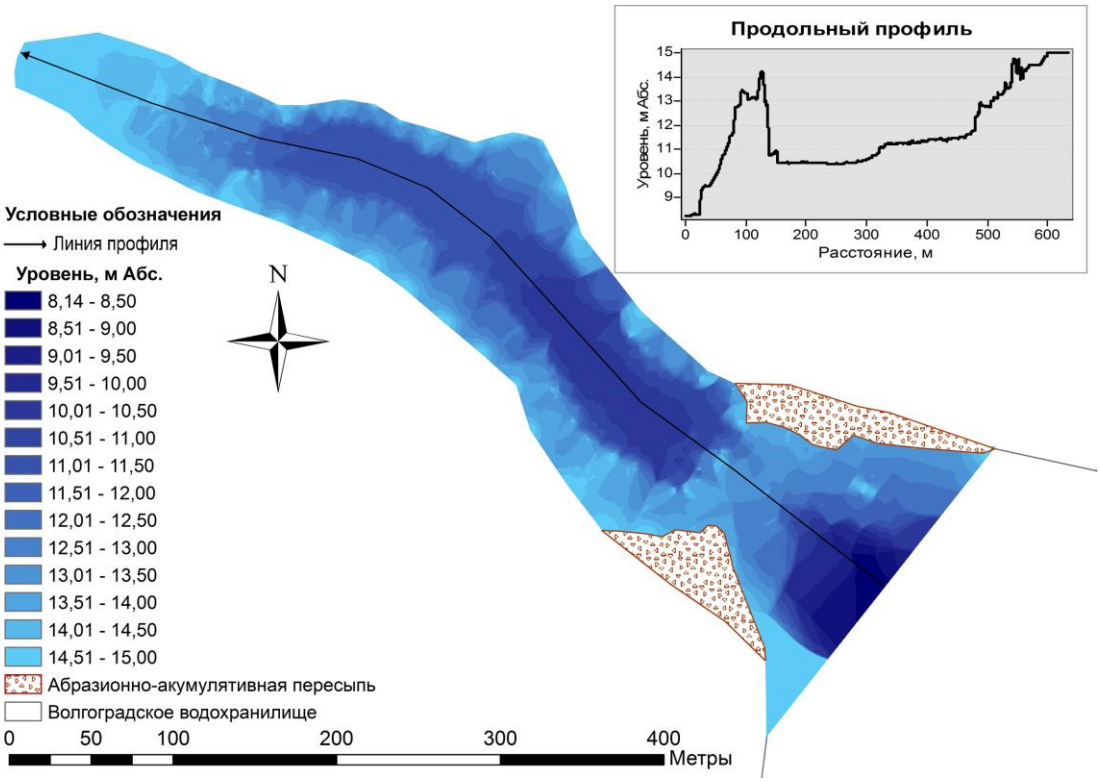


Рисунок 7. *Батиметрическая характеристика залива Другалка (2013 г.)*
Figure 7. *Bathymetric characteristic of Drugalka Bay (2013)*

Анализ спутниковых снимков TM (Landsat 5) и ETM+ (Landsat 7) 1986–2010 гг. (пространственное разрешение 30 м) с использованием геоинформационной системы ArcGIS 9.3 показал увеличение количества закрытых заливов за исследуемый период. По спутниковому снимку 1986 г. было выявлено отделение от основной акватории заливов Жаркова, Бориков, Короткий Липовый, Длинная Балка, Овраг Мекатный; по снимку 1991 г. – Крестищенская балка, Мостовой, Щербаковский и зафиксировано начало активного зарастания высшей водной растительностью устьевой части залива Каранчев. В 1995 г. отделились залив Ростовый и залив, расположенный в 4 км южнее убежища Кислово; в 2007 г. было зафиксировано закрытие (образование перемычки) следующих заливов: Большой, Длинный Липовый, Овраг Штурменный, Балка Сгонная, правого отрога залива Балка Шарова; в 2010 г. закрылся залив Солянка и наблюдается активное зарастание высшей водной растительностью устья залива Песчаный (рисунок 1 а, б).

При дешифрировании снимков в качестве косвенного индикатора начальной стадии образования перемычки можно использовать высшую водную растительность гелофитной формы. По таким признакам нами были выявлены следующие заливы: Мордовский, Карагачев, Терновый, Солонечный, Мочаги, Солянка и пр. Зарастание заливов левобережья наиболее активно в устьевой части и реализуется благодаря кумулятивному действию факторов заиления и зарастания. Зарослями тростника обыкновенного (Phragmites australis *(Cav.) Trin. ex Steud.*) и рогоза узколистного (Typha angustifolia *L.*) отделены от основной акватории водохранилища заливы Бориков, Томатный и некоторые другие (рисунок 1 а, б) [подробнее в статье: Филиппов О.В., Кочеткова А.И., Баранова М.С., Куприй А.А. «Опыт проведения морфометрических исследований некоторых заливов Волгоградского водохранилища» в сборнике «Эколого-экономическая эффективность природопользования на современном этапе развития Западно-Сибирского региона: материалы V Международной научно-практической конференции» (Омск, 24 апреля 2014 года)].

В ходе настоящего исследования были получены батиметрические карты и графики продольных профилей некоторых заливов правобережья Волгоградского водохранилища (представлены на рисунках 2-7). Значения глубины и уровень воды в заливах пересчитаны на нормальный подпорный уровень Волгоградского водохранилища (15 м).

Залив Длинный Липовый (рисунки 2, 3). Максимальная глубина залива составила 5,55 м примерно в 35 метрах в глубь залива от абразионно-аккумулятивной перемычки. Глубины 5,0–5,5 м распространены примерно в 60 м от пересыпи. Уровень воды в заливе на момент обследования был практически равен уровню воды в Волгоградском водохранилище.

Залив Жаркова (рисунок 4). Уровень воды в заливе при обследовании оказался на 43 сантиметра выше, чем уровень воды в Волгоградском водохранилище. Максимальная глубина (2,58 м) в 45–50 метрах в глубь акватории залива.

Залив Короткий Липовый. Максимальная глубина залива наблюдается примерно в 20 метрах от абразионно-аккумулятивнной пересыпи (2,82 м).

Залив Большой (рисунок 5). Уровень воды в заливе на 15 см ниже, чем уровень воды в водохранилище. Максимальные глубины распространены в 150-200 метрах в глубь акватории залива от абразионно-аккумулятивной перемычки.

Залив Ростовый (рисунок 6). Уровень воды в заливе на 36 см выше, чем уровень воды в водохранилище. Максимальная глубина наблюдается в 60 метрах в глубь залива.

Залив Мостовой является аналогом множества малых заливов по правому берегу водохранилища. Уровень воды в заливе практически равен уровню воды в водохранилище. Максимальная глубина (3,38 м) наблюдается примерно в 25 метрах в глубь от пересыпи.

Залив Другалка относится к закрывающимся заливам. Во входном створе сформированы мощные галечные косы, примерно на 2/3 перекрывающие устье. Сформирована подводная абразионно-аккумулятивная перемычка, которая отчётливо прослеживается на батиметрической карте и графике продольного профиля на рисунке 7 (2013 г.). В 2014–2015 году

также были проведены батиметрические исследования; в 2015 году максимальная глубина залива (4,32 м) наблюдалась примерно в 120 метрах в глубь от пересыпи (таблица 1).

Площадь надводной части абразионно-аккумулятивной пересыпи зависит от ширины устьевого створа залива. Для изученных нами заливов площадь варьирует от 1410 м^2 (залив Мостовой) до 13070 м^2 (залив Жаркова) (таблица 1).

В ходе исследования была подсчитана площадь мелководной зоны с глубинами не более 2 метров в пределах акваторий заливов. Мелководная зона является одним из биотопов, где развивается высшая водная растительность. Граница массового распространения высшей водной растительности во многих водохранилищах совпадает с двухметровой изобатой [Закора, Синицына, 1983]. Было выявлено, что мелководья занимают более 90 % в пределах заливов Жаркова и Короткий Липовый.

Таблица 1. *Общая характеристика некоторых заливов правобережья Волгоградского водохранилища*
Table 1. *The general characteristic of some bays on the right bank of the Volgograd reservoir*

№ п/п	Название залива, год обследования	Глубина максимальная; средняя, м	Площадь надводной части пересыпи, м^2	Площадь мелководной зоны (с глубинами до 2 метров), м^2	Процент площади занятой мелководьями (до 2 м) от общей площади залива
1	Длинный Липовый, 2016	5,5; 2,7	3260	3491	33,6
2	Короткий Липовый, 2016	2,8; 1,9	4610	2148	90,7
3	Жаркова, 2016	2,6; 2,2	13070	4164	98,4
4	Ростовый, 2016	5,4; 1,2	3920	2657	25,3
5	Большой, 2014	4,5; 3,2	19820	27526	30,0
6	Мостовой, 2014	3,4; 1,6	1410	1534	64,3
7	Другалка[1], 2015	4,3; 3,1	6099	19832[2]	79,7[2]

[1] находится на стадии отделения
[2] во внутренней части залива после перемычки

ВЫВОДЫ

Материалы экспедиционных исследований заливов и абразионно-аккумулятивных перемычек Волгоградского водохранилища и результаты дешифрирования спутниковых снимков акватории водоёма позволяют сделать ряд обобщающих выводов:

1. Современный период развития береговой линии на нижнем (озёрном) участке Волгоградского водохранилища сопровождается активным отчленением малых заливов как по левому, наиболее подверженному размыву, берегу, так и по правому – более устойчивому к размыву (примеры отчленившихся заливов: Бориков, Мостовой). Наряду с малыми активный процесс отчленения под воздействием размыва и вдольберегового транспорта наносов затрагивает и ряд средних заливов (примеры: Большой, Щербаковский) [Филиппов, 2009].

2. По результатам батиметрической съёмки выявлено достаточно активное накопление наносов в абразионно-аккумулятивных формах подводного и надводного рельефа всех исследованных заливов водохранилища.

3. В пределах изученных отделившихся и отделяющихся заливов значительную площадь занимают мелководья с глубинами не более 2 метров (от 30 до 98 % площади внутренней акватории залива).

4. Отчленённые или отчленяющиеся акватории заливов проявляют признаки формирования экосистем, отличных от общей экосистемы водохранилища. Отмечается стремительное зарастание внутренних акваторий заливов, увеличение доли акваторий под гидрофитами. Анализ материалов картирования трёх основных групп гидрофитов указывает на стремительное зарастание внутренней акватории и заметное увеличение доли акватории под гидрофитами.

5. Анализ полевых материалов и результаты исследований позволяют выполнить предварительный расчёт прогноза занесения устьевых створов заливов без учёта ряда сопутствующих факторов.

6. Геоинформационные системы и данные дистанционного зондирования Земли позволяют анализировать, дополнять и обобщать данные полевых исследований, а также создавать наглядные материалы, такие как батиметрические карты и графики продольных профилей некоторых заливов правобережья. Количественные и качественные изменения состава гидрофитов могут рассматриваться в роли биоиндикаторов развития процессов переформирования берегов и занесения заливов.

Экспедиционные исследования заливов Волгоградского водохранилища и методы электронного картографирования являются актуальными и перспективными в аспектах общего эколого-ландшафтного изучения динамично развивающегося нижнего (озёрного) участка водоёма, решения актуальных экологических проблем и обеспечения экологической безопасности водохранилища и прибрежных территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранова М.С., Куприй А.А.* Применение геоинформационных систем для пространственного моделирования рельефа // Проблемы устойчивого развития и эколого-экономической безопасности региона: материалы докладов X Региональной научно-практической конференции, г. Волжский, 28 ноября 2013 г. – Краснодар: Парабеллум, 2014. – С. 104–108.
2. ГИС Астраханского заповедника. Геохимия ландшафтов дельты Волги / отв. редакторы И.А. Лабутина, М.Ю. Лычагин. – М.: Географический ф-т МГУ, 1999. – 228 с.
3. Глобальный архив геологической службы США (USGS) [Электронный ресурс]. URL: http://earthexplorer.usgs.gov/.
4. *Закора Л.П., Синицина Е.М.* Морфологическая характеристика и зарастаемость мелководной зоны Волгоградского водохранилища // Характеристика мелководной зоны Волгоградского водохранилища и перспективы её использования в рыбоводных целях: Сб. науч. трудов. – Л., 1983. – Вып. 199. – С. 4–15.
5. *Филиппов О.В.* Экологические проблемы заливов и устьевых притоков Волгоградского водохранилища в условиях абразии и вдольберегового транспорта наносов // Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища: Сб. науч. ст. – Волгоград: Волгоград. науч. изд-во, 2009. – С. 119–142.
6. ArcGIS 9. Spatial Analyst. – М.: Дата +, 2004. – 219 с.

Maria S. Baranova[1], **Anna I. Kochetkova**[2], **Oleg V. Philippov**[3], **Elena S. Bryzgalina**[4], **Olga A. Ob'edkova**[5]

APPLICATION OF GIS AND SATELLITE DATA IN THE INVESTIGATION OF BAYS AND ESTUARIAL ABRASION-ACCUMULATIVE JUMPERS OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR

ABSTRACT

The paper presents some results of Volgograd reservoir bays investigation and their abrasion-accumulative jumpers in the estuarial alignments during field expeditionary researching and with the application of geoinformation systems and satellite data. Based on the results of long-term field observations and satellite data, it was founded that most of small and medium-sized bays have natural jumpers of abrasion-accumulative genesis now. The paper contains short characteristics of such bays as Dlinniy Lipoviy, Zharkova, Korotkiy Lipoviy, Bolshoy, Rostoviy, Mostovoy, Drugalka. The authors have created bathymetric maps and graphs of longitudinal profiles for the water areas of some of the bays on the right bank, calculated the areas of estuarial jumpers and the areas of the shallow water zone inside the bays. The bays, characterized in the entry gate by depths from 9 m to 16 m, do not have a predisposition to being overlapped by jumpers, and a number of bays are currently in the stage of separation. In the course of the investigation it was determined that the maximum depth of the break-away bays does not exceed six and half meters; the active process of detachment covers both small and medium-sized bays; among the studied bays considerable areas are occupied by shallow waters with depths of up to 2 meters; geoinformation systems and satellite data allow one to analyze, complete and generalize field research data and receive visual cartographic materials. Based on the results of bathymetric survey, there was revealed a fairly active accumulation of sediments in the abrasion-accumulative forms of the underwater and above-water relief of all the investigated reservoir bays.

KEYWORDS:

Volgograd reservoir, geoinformation systems, abrasion-accumulative jumpers, bays, bathymetric characteristics

REFERENCES

1. Baranova M.S., Kupriy A.A. Primenenie geoinformacionnyh sistem dlya prostranstvennogo modelirovaniya rel'efa [The application of geoinformation systems for spatial modeling of the relief], Problemy ustoychivogo razvitiya i ekologo-ekonomicheskoy bezopas-

[1] Volzhsky Humanities Institute (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, Volgograd Region, Volzhskiy, 404133, 40 Let Pobedy st, 11;
e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru
[2] Volzhsky Humanities Institute (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, Volgograd Region, Volzhskiy, 404133, 40 Let Pobedy st, 11;
e-mail: aikochetkova@mail.ru
[3] Volzhsky Humanities Institute (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, Volgograd Region, Volzhskiy, 404133, 40 Let Pobedy st, 11;
e-mail: ovfilippov@list.ru
[4] Volzhsky Humanities Institute (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, Volgograd Region, Volzhskiy, 404133, 40 Let Pobedy st, 11;
e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru
[5] Volzhsky Humanities Institute (branch) of Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Volgograd State University"; Russia, Volgograd Region, Volzhskiy, 404133, 40 Let Pobedy st, 11;
e-mail: 79195448797@ya.ru

nosti regiona: materialy dokladov X Regionalnoy nauchno-prakticheskoy konferencii g. Volzhskiy, 28 noyabrya 2013 g., Krasnodar: Parabellum, 2014, pp. 104–108 (in Russian).
2. GIS Astrahanskogo zapovednika. Geohimiya landshaftov delty Volgi [GIS of Astrakhan nature reserve. Geochemistry of landscapes of the Volga delta], otv. redaktory I.A. Labutina, M.Yu. Lychagin, Moscow: Geograficheskiy f-t MGU, 1999, 228 p. (in Russian).
3. Globalnyy arhiv geologicheskoy sluzhby SSHA [The global archive of the United States Geological Survey (USGS)], available at: http://earthexplorer.usgs.gov/ (in Russian).
4. Zakora L.P. Sinitsina E.M. Morfologicheskaya harakteristika i zarastaemost melkovodnoy zony Volgogradskogo vodohranilishcha [Morphological characteristic and overgrowth of the shallow water zone of the Volgograd reservoir], Harakteristika melkovodnoy zony Volgogradskogo vodohranilishcha i perspektivy ee ispolzovaniya v rybovodnyh celyah: Sb. nauch. trudov., Leningrad, 1983, Vyp. 199, pp. 4–15 (in Russian).
5. Philippov O.V. Ekologicheskie problemy zalivov i ustevyh pritokov Volgogradskogo vodohranilishcha v usloviyah abrazii i vdolberegovogo transporta nanosov [Ecological problems of bays and estuarial tributaries in conditions of abrasion and alongshore sediment transport], Problemy kompleksnogo issledovaniya Volgogradskogo vodohranilishcha: Sb. nauch. st. Volgograd: Volgograd. nauch. izd-vo, 2009, pp. 119–142 (in Russian).
6. ArcGIS 9. Spatial Analyst, Moscow: Data +, 2004, 219 p.

ЦИФРОВАЯ ЗЕМЛЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ОБЛАСТЯХ С РАЗВИТЫМ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ

DIGITAL EARTH AND USE OF GIS IN REGIONS WITH DEVELOPED OIL AND GAS PRODUCING COMPLEX

УДК 911.3:004.9:553.9:504.06 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-132-143

В.А. Мелкий[1], И.Н.Тикунова[2], Е.Н. Ерёмченко[3], О.Ю. Черешня[4] , Х. Фукуи[5], С. Марта[6], Я. Тахджана[7]

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ САХАЛИНА

АННОТАЦИЯ

Остров Сахалин обладает значительными запасами углеводородов и другими невозобновляемыми и возобновляемыми энергетическими ресурсами. В значительной степени экономика и социальное развитие острова зависят от экспорта энергоносителей и энергии. В то же время в регионе Восточной Азии активно развиваются процессы экономической интеграции, которые повлекут за собой значительные, разнонаправленные и трудно прогнозируемые изменения обстановки, потребностей в разработке энергоносителей. Особенно это связано с быстрым развитием инновационных технологий и прежде всего с интеллектуализацией энергетических инфраструктур, появлением новых отраслей промышленности, нарастающими экологическими проблемами. Для оптимизации использования энергетического потенциала в целях устойчивого развития острова в контексте региона Восточной Азии и в целях интеллектуализации предварительного каскада выработки энергии необходимо разработать систему поддержки принятия решений, учитывающую как разномасштабную пространственную, так и временную динамику, нацеленную на обеспечение устойчивого развития региона в условиях широкого спектра рисков и угроз. Теоретическая значимость решения поставленной проблемы обусловлена уникальностью, сложностью и масштабом происходящих процессов, которые могут усиливаться на фоне специфических активных природных процессов, присущих региону (сейсмичность, вулканизм, цунамиопасность, интенсивные атмосферные явления). Рассматриваются возможности геоинформационных технологий в решении данной проблемы в рамках концепции Цифровой Земли.

[1] Сахалинский государственный университет, Технический институт нефти и газа; 630008, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 42, к. 403; *e-mail:* vamelkiy@mail.ru
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* irina.tikunova@icloud.com
[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* eugene.eremchenko@gmail.com
[4] Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы; *e-mail:* cherry.purplerain@gmail.com
[5] Chubu University, Chubu Institute for Advanced Studies; Matsumoto-cho 1200, Kasugai, Aichi 507-0038, Japan; *e-mail:* fukui@isc.chubu.ac.jp
[6] Agency for Geospatial Information; the Republic of Indonesia; e-mail: sukendramartha@yahoo.co.id
[7] The Agency for the Assessment and Application of Technology; the Republic of Indonesia; *e-mail:* ina-seaweedsociety@yahoo.com

Практическая её актуальность связана со значимостью результатов работ для энерго- и всего народохозяйственного комплекса Сахалина, России, Восточной Азии и, шире, пространства Шёлкового пути в целом, а также с возможностью получения прямого экономического и социального эффектов и минимизацией угроз и рисков, возникающих при интеграции экономик стран Восточной Азии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пространственно-временной подход, Цифровая Земля, геоинформационные системы, Сахалин, энергетическая система, устойчивое развитие

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное развитие острова Сахалин и его энергокомплекса как основы островной экономики с обеспечением устойчивости развития – ключевого требования, особенно важного в обстановке быстрой и малопредсказуемой смены внешних факторов (экономических, научно-технических, военно-политических, социальных, экологических, и т. д.), требует организации высокоэффективной системы поддержки принятия решений. Это тем более важно, поскольку контур потребления энергии и энергоресурсов превращается в интеллектуальную сеть, адаптивно реагирующую на изменение конъюнктуры и внешних факторов; очевидно, что управление энергоресурсами также должно становиться высокоточным, оперативным, т. е. интеллектуализироваться. Это предъявляет повышенные требования к системе поддержки выработки управленческих решений, которая должна работать с информацией, локализованной в пространстве и во времени. Очевидно, что такая система должна обладать свойствами комплексности, исчерпывающей полноты, точности, актуальности и эффективности представления информации с целью всемерной минимизации факторов, способных привести к некорректной оценке обстановки и выработке в результате этого некорректных и несвоевременных управленческих решений [Eremchenko, Tikunov, Ivanov, Massel, Strobl, 2015]. Менее очевидной является необходимость обеспечения бесшовной связи данных при переходе от одного масштаба к другому, т. е. требование мультимасштабности или в общем случае их амасштабности – масштабной независимости. Реализация этого требования предполагает использование сред, обладающих существенно большими возможностями, нежели обычные геоинформационные системы, и позволяющих значительно повысить базовые характеристики систем управления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Постановка задачи

В настоящее время поддержка принятия решений осуществляется, как правило, с использованием специализированного геопространственного инструментария – геоинформационных систем (ГИС). Они представляют собой информационные продукты, реализованные, как правило, в виде компьютерных приложений. Благодаря возможности быстрой работы с большими объёмами данных ГИС к настоящему времени получили широкое распространение. Однако и при их использовании могут возникать аберрации, ограничивающие возможности их использования в системах поддержки принятия решений.

Выходом из этой ситуации явилось появление нового принципа работы с геопространственной информацией, известного как методология Digital Earth (Цифровая Земля). Его появление стало результатом перехода к новому методу работы с геопространственной информацией (или смены парадигмы в терминах теории Т. Куна [Kuhn, 1970]). Переход этот стал возможным вследствие накопившейся суммы технологических изменений, но ими не ограничивается [Geospatial Revolution Project, 2010]. В этом случае образ обстановки становится принципиально трёхмерным. Пользователь (оператор) системы при этом может произвольным образом и интерактивно изменять ракурс просмотра обстановки и расстояние до него, реализуя *ad hoc* любую произвольную проекцию и любом условном масштабе. Подобный

режим визуализации предложено называть «сверхголографическим» [Ерёмченко, Тикунов, 2016].

Нетрудно заметить, что преимущества Цифровой Земли особенно наглядно проявляются при работе с моделями принципиально мультимасштабными. Именно к такому классу моделей следует отнести систему планирования использования энергетических ресурсов Сахалина, предназначенную для встраивания в интеллектуализированную систему энергообеспечения. Она должна содержать как крупно- и среднемасштабные модели уровня отдельных объектов вплоть до острова Сахалин в целом, так и их представление в масштабе Шёлкового пути и даже всего Азиатско-Тихоокеанского региона, в отрыве от которых планирование устойчивого развития энергетического потенциала Сахалина невозможно. При этом необходимо избегать представления информации в масштабно-зависимом виде, исключающем возможность формирования целостного каркаса для представления информации – одного из двух императивных требований реализации режима ситуационной осведомлённости [Endsley, 1988]. В своей канонической форме он сводится к двум требованиям [Боярчук, Ерёмченко, Мороз, Никонов, 2009]:

1) представления информации в едином, не членённом по масштабному или иным признакам пространственно-временном объёме;
2) восприятия обстановки непосредственно через органы чувств, минуя опосредующие её знаковые и/или модельные конструкции.

Динамику природных процессов и трансформации антропогенного генезиса в Digital Earth целесообразно отслеживать средствами анимационной картографии, которые отображают изменения местности, отдельных пространственных объектов и процессов и параметров, характеризующих эти перемены, переходить к определённым временным значениям картографического изображения при помощи масштаба времени изображения, а также, используя динамическую генерализацию, переходить от одного временного состояния к другому [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2016]. При хорошей технической обеспеченности несложно перейти к работе с трёхмерными анимационными картографическими изображениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Текущий статус работ в области геопространственной поддержки энергосектора Сахалина

Проблематика разработки ГИС для территориальных комплексов в целях гармонизации развития энергосистемы разработана к настоящему времени достаточно подробно. Одним из элементов научного каркаса таких исследований является концепция устойчивого развития, официально закреплённая в документах Организации Объединённых Наций (ООН) в качестве одного из пяти приоритетов её работы. В настоящее время деятельность в области обеспечения устойчивого развития формализована в виде так называемых Sustainability Goals – перечня из 17 индикаторов, а также в рамочной программе 2030 Agenda for Sustainable Development [UN, 2015]. Деятельность в области геопространственных аспектов обеспечения устойчивого развития ведётся комиссией «ГИС для устойчивого развития» Международной картографической ассоциации (International Cartographic Association, ICA). Активно развивается концепция интеллектуальных энергетических сетей [Шилин, Шилин, 2011].

Однако существенным научным вызовом является распространение концепции интеллектуальных энергосистем на предварительный каскад таких энергосистем, которым является управление ресурсами, используемыми для генерации энергии. Вызов обусловлен очевидным противоречием между необходимостью гибкого и адаптивного управления интеллектуальными энергетическими инфраструктурами, с одной стороны, и относительной инертностью процессов, связанных с поиском и эксплуатацией энергетических ресурсов. Особенно существен этот вызов применительно к ситуации острова Сахалин, где сложности разведки и добычи полезных ископаемых, а также утилизации энергии ветра и/или иных возобновляе-

мых источников энергии сочетаются с логистическими проблемами, обусловленными неразвитостью транспортной инфраструктуры и её сильной зависимостью от сезонных факторов, а также нехваткой трудовых ресурсов и их изолированностью (языковой, социально-культурной и т. д.) от основных стран-потребителей энергии.

Тем не менее, задача представляется разрешимой, поскольку её решение основывается на уже имеющихся в достаточном количестве наборах данных, в целом относительно приемлемой изученностью региона Восточной Азии, а также налаженностью межгосударственного сотрудничества в этой области. Так, развитию работ по исследованию энергосистемы Восточной Азии способствует межгосударственная политика создания Глобальной объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии, в которой участвуют корпорации России, Китая, Кореи и Японии. В рамках сотрудничества уже создана рабочая группа по изучению и анализу потенциала развития Объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии, разрабатывается предварительный план развития энергосистем стран Тихоокеанского региона, учитывающий уровни развития инфраструктуры, технологий, экологической безопасности. Проведена конференция «Глобальное объединение энергии 2016» («Россети» подписали Меморандум о создании Глобальной объединённой энергосистемы с компаниями Северо-Восточной Азии (http://minenergo.gov.ru/node/4776).

В области исследования энергосистемы Восточной Азии существуют работы, которые характеризуют её с разных точек зрения, в т. ч. экологической, в межгосударственном масштабе. Например, в работе David von Hippel «What Could an «Asian Super-grid» Mean for Northeast Asia?» [von Hippel, 2015] представлены результаты многолетних исследований электрических сетей Северо-Восточной Азии (Монголия, Россия, Китай, Республика Корея, Япония). Рассматриваются вопросы объединения этих сетей в единую сеть, особой роли Монголии в этом объединении, перспектив экологически сбалансированных способов развития сети с уменьшением использования ископаемого топлива. Приводится карта проектируемой единой электросети. В 2015-2016 гг. состоялись V и VI заседания Дальневосточного российско-корейского форума, в рамках которого рассматривались вопросы создания объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии (NEA Supergrid), объединяющей энергосистемы Дальнего Востока России, Китая, Республики Корея и Японии с ролью России как преимущественного экспортера электроэнергии в эти страны. Согласно Корейскому концепту Объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии (http://engineering-ru.livejournal.com/350224.html) на территории России планируется строительство новых крупных объектов энергосистемы, которые могут значительно ухудшить экологическую обстановку в регионе, поэтому необходимо всесторонне учитывать вопросы экологической безопасности. По теме международного сотрудничества в регионе Восточной Азии уже выпущен ряд трудов российских учёных и специалистов [Шейнгауз, 1999; Адмидин, 2002; Попов, 2006; Булдакова 2008; Гулидов, 2008; Минакир, 2009 и др.]. Отмечается резкое увеличение спроса на нефть и газ в странах Восточной Азии и повышение интереса этих стран к российскому рынку нефти и газа.

На основании уже имеющейся информации и активных работ в этой области можно констатировать, что энергетическая система Восточной Азии имеет тенденцию к устойчивому развитию, и роль российской стороны и острова Сахалин в обеспечении условий для этого роста очевидно весьма велика. Однако в вопросе развития энергетики в регионе по-прежнему сохраняются как неизученные моменты, так и методические проблемы. Прежде всего это касается вопросов сохранения объектов природного и культурного наследия в регионе, в котором будет стремительными темпами развиваться энергетика, и планирования размещения и функционирования промышленных объектов с минимизацией негативного воздействия на объекты наследия, которых в этом регионе очень много. Вопросам экологии во многих работах уделяется внимание, однако тема раскрыта ещё далеко не во всей её полноте. Проблема адаптации масштабно-независимого представления геопространственной информации находится на начальном этапе своего развития, однако немедленное начало ра-

бот в этой области видится крайне важным, поскольку инфраструктурное обеспечение проекта континентальной интеграции под названием «Шёлковый путь» осуществляется в рамках сопряжённого с ним альянса «Цифровой Шёлковый путь» (Digital Silk Road Alliance), изначально создаваемого в парадигме Цифровой Земли.

Очень большое количество геолого-геофизических данных предстоит перевести в цифровой вид для того, чтобы иметь целостное представление о перспективах добычи углеводородного сырья и использования альтернативных источников энергии. Серьёзную работу в этом направлении ведут ведомственные и академические научно-исследовательские организации.

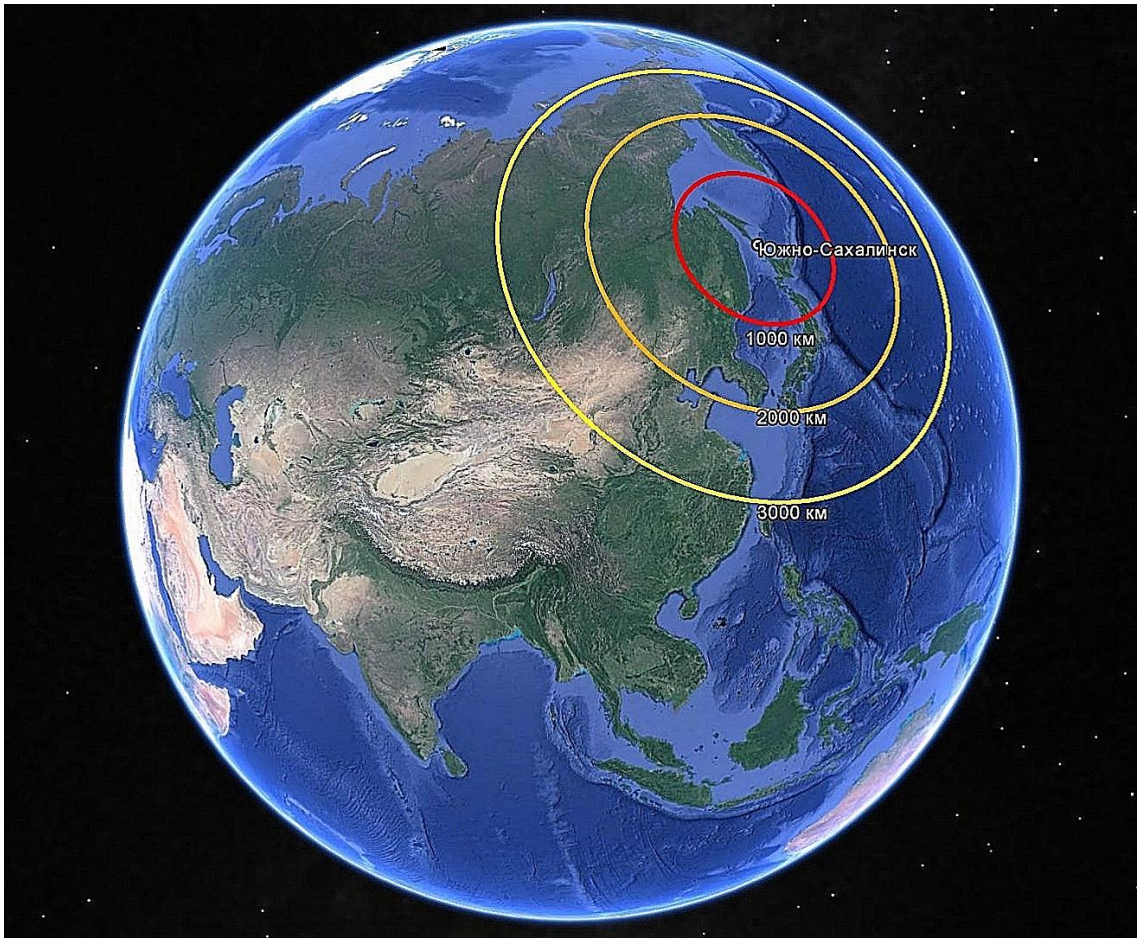


Рисунок 1. *Зонирование Азиатско-Тихоокеанского региона по удалённости от г. Южно-Сахалинск в Google Earth*
Figure 1. *Zoning the Asia-Pacific region by distance from Yuzhno-Sakhalinsk in Google Earth*

В ходе научно-исследовательских работ, выполненных Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН, трестом «Дальморнефтегеофизика», СахалинНИПИморнефть и другими научными и производственными организациями в период с 1965 г. по 2010 г., получено огромное количество геолого-геофизических материалов по Охотоморскому региону. Около 70% всех данных получено ИМГиГ ДВО РАН в 1965-1990 гг. Эта информация достаточно полно отражена во многих публикациях [Geology and Hydrocarbon..., 1992].

Для данной территории был составлен ряд специализированных карт: структурная карта поверхности акустического фундамента, геологическая схема акустического фундамента, карта изопахит осадочного чехла, структурно-тектоническая карта осадочного чехла, карты литофизических комплексов Охотского моря, которые отражают строение и позволяют де-

лать корректные оценки целесообразности разработки месторождений углеводородного сырья [Тектоническое…, 2006].

Работы в области использования новых подходов к интеграции данных с поддержкой режима масштабной независимости – «больших данных» и «Цифровой Земли» – интенсивно ведутся в разных странах, а сами эти направления могут считаться ключевыми для мировой науки на нынешнем этапе её развития. Следует отметить в этой связи такие информационные площадки, как журнал «Digital Earth», издаваемым Международным обществом Цифровой Земли (International Society for Digital Earth), и новый журнал Big Earth Data, выпуск которого предполагается начать в 2017 году.

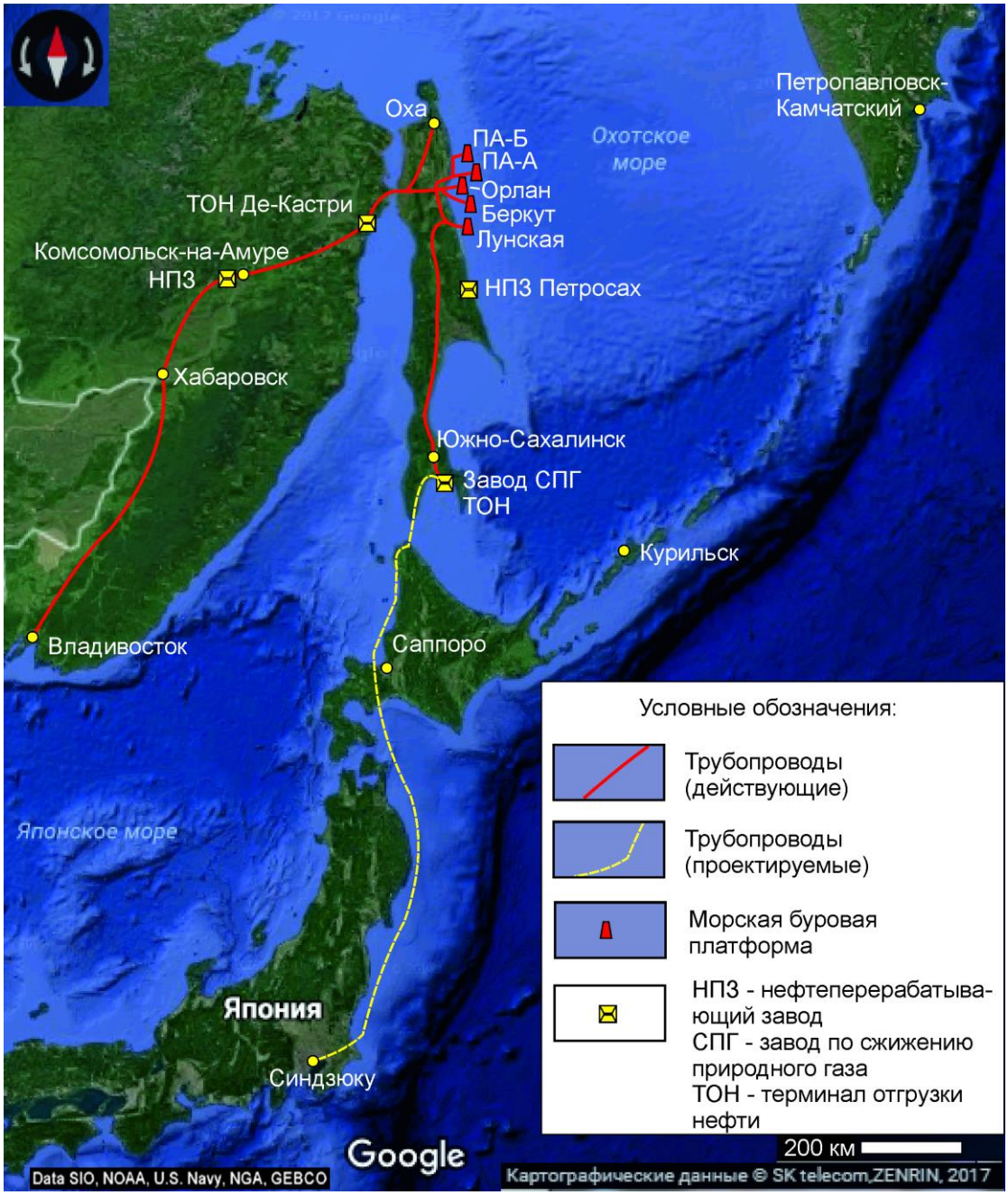


Рисунок 2. *Основные объекты энергообеспечивающего комплекса Сахалина на цифровой картографической основе*

Figure 2. *The main objects of energy providing complex of Sakhalin based on digital map*

ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ

Система поддержки принятия решений в области использования энергетических ресурсов Сахалина в целях обеспечения устойчивого развития региона и гармоничного сопряжения энергокомплекса Сахалина с интеллектуальными комплексами потребления энергии и энергоресурсов, интенсивно создаваемыми в Азиатско-Тихоокеанском регионе и регионе «Шёлковый путь», требует создания гетерогенного геопространственного набора данных, предназначенного для использования в интерфейсе Цифровой Земли (рисунок 1).

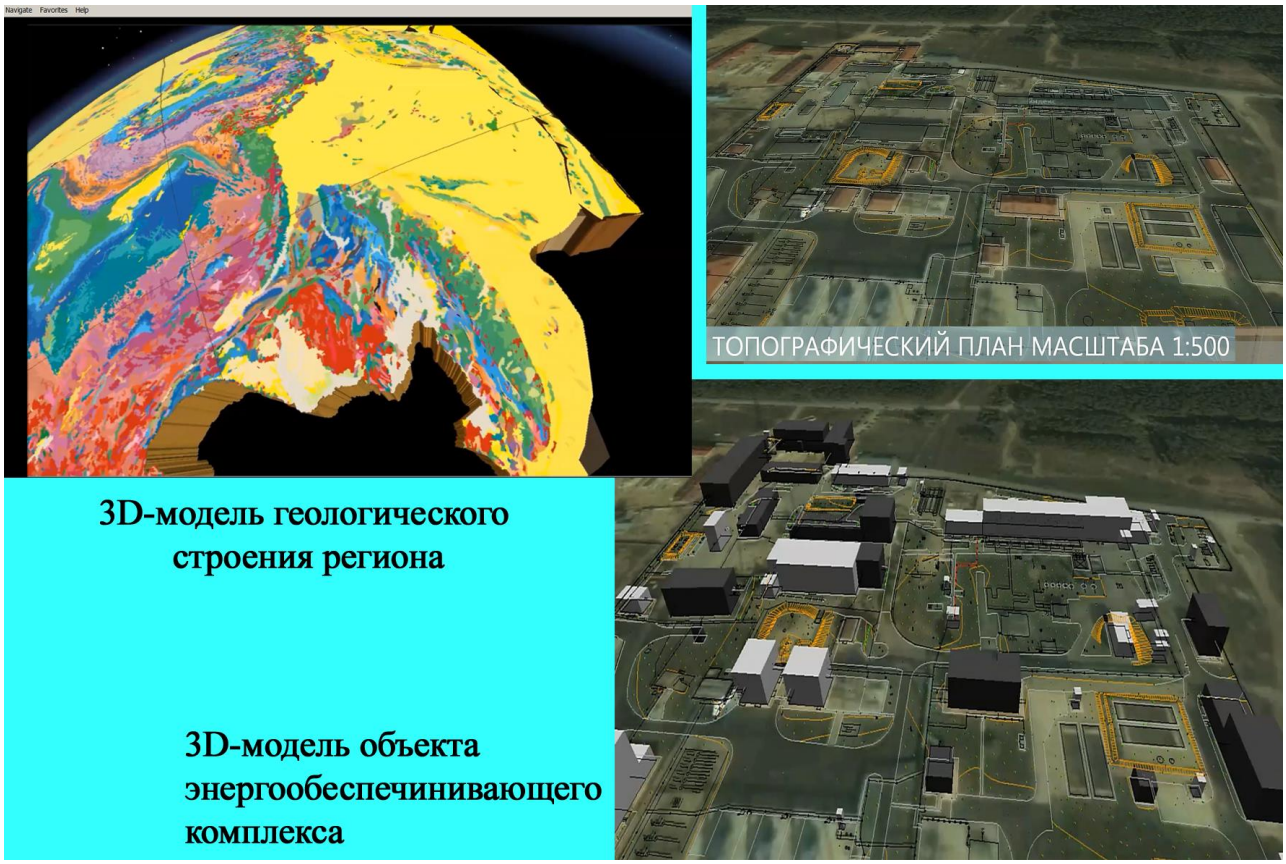


Рисунок 3. *3D-модели геологического строения региона в планетарном масштабе и объекта энергообеспечивающего комплекса в крупном масштабе*
Figure 3. *The 3D models of the geological structure of the region on planetary scale, and object of energy complex on large scale*

В настоящее время имеется большое количество объектных слоёв разного масштаба, отражающих разные аспекты развития энергетического комплекса Сахалина (рисунок 2), однако их приведение в формат Цифровой Земли требует широкого использования растровых данных (космоснимков и других данных дистанционного зондирования, тематических карт с геолого-геофизической информацией) в качестве носителя информации о геопространственном контексте взамен векторизованных слоёв с полигональной и линейной топологиями (рисунок 3).

Прогнозно-ресурсная оценка в региональном масштабе определяет перспективную стратегию геологоразведочных работ нефтегазоносного бассейна. Зональный прогноз нацелен на обоснование перспективных направлений при детальном изучении месторождений. Локальный прогноз выполняется для оценки запасов углеводородов в залежах и служит основой для их разработки.

Для перехода от геологического прогноза ресурсов и запасов в регионе к оценке экономического интереса и риска необходимо учитывать физико-географические, горно-

геологические и условия территории, состояние нефтегазовой, транспортной и социальной инфраструктур, требования к охране окружающей среды. Даже самый оптимистичный прогноз УВ ресурсов бассейна требует обязательной корректировки технологических возможностей их освоения и экономической целесообразности. Правильная оценка выгоды и риска должна занимать ключевую позицию при принятии деловых решений.

Структура информации в системах, создаваемых с применением методологии Digital Earth, может опираться на современные представления о географической дифференциации природной среды и антропогенной трансформации геосистем исследуемых стран и регионов [Геосистемы…, 2008].

Адаптация системы управления энергоресурсами к интеллектуальным энергетическим комплексам требует насыщения системы поддержки принятия решений информативными пространственно-временными наборами данных, которые могли бы стать основой для выработки прогнозов эволюции параметров системы и в пространстве, и во времени. Такая работа является делом ближайшего будущего.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при грантовой поддержке Российского научного фонда (проект № 15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адмидин А.Г.* Экономическое сотрудничество российского Дальнего Востока со странами Северо-Восточной Азии. Материалы XVII совместного симпозиума учёных Дальневосточного отделения Российской Академии наук и учёных района Кансай, Япония (XVII; 5-10 сент.,2001; Владивосток – Хабаровск). – Хабаровск: ХГТУ, 2002. – С. 11–16.
2. *Боярчук К.А., Ерёмченко Е.Н., Мороз В.А., Никонов О.А.* Анализ понятия situational awareness. Портал «Неогеография». 2009. – http://www.neogeography.ru/rus/news/articles/understanding-situational-awareness.html.
3. *Булдакова В.Г.* Корейско-российский семинар «Новые политические и экономические условия сотрудничества в Северо-Восточной Азии и на российском Дальнем Востоке» // Пространственная экономика. – 2008, № 3. – С. 183–184.
4. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX-XXI веков: в 3-х т. / общ. ред. академика П.Я. Бакланова. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 2012. – Т. 1. – 428 с., Т. 2. – 560 с., Т. 3. – 364 с.
5. *Гулидов Р.В.* Развитие энергетического сотрудничества на Корейском полуострове: Роль Российской Федерации. Новые политические и экономические условия сотрудничества в Северо-Восточной Азии и на российском Дальнем Востоке. – 2008. – С.131–134. – То же на кор. яз. С. 135–137.
6. *Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С.* Голографические возможности визуализации в географии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016, № 2. – С. 22–29.
7. *Лисицкий Д.В., Комиссарова Е.В., Колесников А.А., Шарыпова М.Н.* Анимационная картография – одно из перспективных направлений картографической науки и практики в современных условиях картографирования динамики процессов и явлений. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы науч. конф. ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. – Т. 1. – М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. – С. 213–220.
8. *Минакир П.А.* Экономическая ситуация на Дальнем Востоке России и перспективные сферы экономического сотрудничества России и Японии. Материалы XXII встречи мэров городов Сибири и Дальнего Востока РФ и мэров городов Западного побережья Японии и российско-японского бизнес-форума (XXII, 19–20 августа 2009; Хакодатэ).

– Хакодатэ, 2009. – С. 280–284. – То же на яп. яз. С.32–35.
9. *Попов В.Е.* Особые экономические зоны: перспективы деятельности на российском Дальнем Востоке // Дальневосточный международный экономический конгресс. В 8 т.: Материалы конф. (27–28 сентября 2005 г., Хабаровск). – Т. 6. Развитие приграничного сотрудничества на Востоке России. – Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2006. – С. 101–105.
10. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря: к 60-летию основания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН / О.В. Веселов, Е.В. Грецкая, А.Я. Ильёв и др.; отв. ред. чл.-корр. К.Ф. Сергеев. – Институт мор. геологии и геофизики ДВО РАН. – М., Наука, 2006. – 130 с.
11. *Шейнгауз А. С.* Современное экономическое развитие и охрана природы как предварительные условия устойчивого развития на российском Дальнем Востоке и в Северо-Восточной Азии. Труды междунар. форума по охране окружающей среды в Северо-Восточной Азии. – Тояма, 1999. – С.14–29. – На яп.яз.
12. *Шилин А.Н., Шилин А.А.* Интеллектуальные электрические сети: проблемы и решения // Известия Волгоградского технического университета. – 2011. – Т. 3. – № 8. – С. 84–88.
13. *Endsley M. R.* Design and evaluation for Situation Awareness enhancement // Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting 1988. – Santa Monica: CA: Human Factors Society.– Volume 1. – Pp. 97–101.
14. *Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov R., Massel L., Strobl J.* Digital Earth and Evolution of Cartography. – Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 66. – Pp. 235–238.
15. Geology and hydrocarbon prospects of the Okhotsk Sea: Report Institute of Marine Geology and Geophisics / The project manager is Dr. H. Gnibidenko. – Pacon Inc.; Petroconsultants SA. – Geneva, Switzerland: Petroconsultants, 1992. – 570 p.
16. Geospatial Revolution Project // c2010. The Pennsylvania State University. – http://geospatialrevolution.psu.edu/.
17. *von Hippel D.* What Could an «Asian Super-grid» Mean for Northeast Asia? // NAPS Net Policy Forum. – April 13, 2015; http://nautilus.org/napsnet/napsnet-policy-forum/what-could-an-asian-super-grid-mean-for-northeast-asia/.
18. *Kuhn T.* The Structure of Scientific Revolutions. The University of Chicago. – Chicago, 1970 (2nd edition, enlarged). – 210 p.
19. UN official site, 1. – General Assembly, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

Vyacheslav A. Melkiy[1], Irina N. Tikunova[2], Eugeniy N. Eremchenko[3], Olga Yu. Chereshnya[4], Hiromichi Fukui[5], Sukendra Martha[6], Jana Tahjana[7]

GIS DECISION-MAKING SUPPORT FOR THE USE OF ENERGY RESOURCES OF SAKHALIN

ABSTRACT

Sakhalin Island has significant hydrocarbon reserves and other non-renewable and renewable energy potential. To a large extent, the island's economy and social development depend on the export of energy resources and/or energy itself. At the same time, economic integration processes are actively developing in the East Asia region, which will entail significant, controversial and difficult-to-forecast changes in the situation, especially due to rapid development of innovative technologies, intellectualization of energy infrastructures, the emergence of new industries, and growing environmental problems. To optimize the use of energy potential for the sustainable development of the island in the context of the East Asia region and for the intellectualization of the preliminary cascade of energy production, it is necessary to develop a decision support system that supports wide-ranging spatial and temporal dynamics aimed at ensuring sustainable development of the region in a wide range of risks and threats. The theoretical significance of the solution of the problem posed is due to the uniqueness, complexity and scale of the processes involved. Geoinformation possibilities in solving this problem within the framework of the Digital Earth concept are considered. Its practical relevance is connected with the significance of the results of the work for the energy and entire national economic complex of Sakhalin, Russia, East Asia and, more broadly, the region of Silk Road as well as with the possibility of both direct economic and social effects and the possibility of minimizing the economies emerging at the integration of Countries of East Asia.

KEYWORDS:

spatial-temporal approach, Digital Earth, GIS, Sakhalin, energy system, sustainable development

REFERENCES

1. Admidin A.G. Ekonomicheskoe sotrudnichestvo rossijskogo Dalnego Vostoka so stranami Severo-Vostochnoj Azii [Economic cooperation of the Russian Far East with the countries of Northeast Asia]. Materialy XVII sovmestnogo simpoziuma uchenykh Dalnevostochnogo otdelenija Rossijskoj Akademii nauk i uchenykh raj'ona Kansaj, Yaponiya (XVII; 5-10 sentiabrya 2001, Vladivostok, Khabarovsk), Khabarovsk: KhGTU, 2002, pp. 11–16 (in Russian).
2. Boyarchyk K.A., Eremchenko E.N., Moroz V.A., Nikonov E.A. Analiz poniatiya situational awareness [Analysis of the concept of situational awareness], Portal "Neogeografiya", 2009, http://www.neogeography.ru/rus/news/articles/understanding-situational-awareness.html

[1] Sakhalin State University, Technical Oil&Gas Institute; Russia, 630008, Uzhno-Sakhalinsk, Pogranichnaya st 42, office 403; *e-mail:* vamelkiy@mail.ru
[2] Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* irina.tikunova@icloud.com
[3] Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* eugene.eremchenko@gmail.com
[4] Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* cherry.purplerain@gmail.com
[5] Chubu University, Chubu Institute for Advanced Studies, Matsumoto-cho 1200, Kasugai, Aichi 507-0038, Japan; *e-mail:* fukui@isc.chubu.ac.jp
[6] Agency for Geospatial Information, the Republic of Indonesia; *e-mail:* sukendramartha@yahoo.co.id
[7] The Agency for the Assessment and Application of Technology, the Republic of Indonesia; *e-mail:* ina-seaweedsociety@yahoo.com

(in Russian).
3. Buldakova V.G. Korejsko-rossijskiy seminar “Novye politicheskie i ekonomicheskie usloviya sotrudnichestva v Severo-Vostochnoj Azii i na rossijskom Dalnem Vostoke” [Korean-Russian seminar “New political and economic conditions of cooperation in Northeast Asia and the Russian Far East”], Prostranstvennaya ekonomika, 2008, No 3, pp. 183–184 (in Russian).
4. Geosistemy Dal’nego Vostoka Rossii na rubezhe XX-XXI vekov: v 3-h t. [Geosystems of the Russian Far East at the turn of XX-XXI centuries: in 3 v.], koll. avtorov; pod obshch. red. akademika P.Ya. Baklanova, Vladivostok: Dal’nauka, 2008; 2012, Vol. 1. – 428 p., Vol. 2. – 560 p., Vol. 3. – 364 p. (in Russian).
5. Gulidov R.V. Razvitie energeticheskogo sotrudnichestva na Korejskom poluostrove: Rol’ Rossiskoj Federacii [Development of energy cooperation on the Korean Peninsula: The role of the Russian Federation], Novye politicheskie i ekonomicheskie usloviya sotrudnichestva v Severo-Vostochnoj Azii i na rossijskom Dalnem Vostoke. 2008, pp.131–134 (in Russian), pp. 135–137 (in Korean).
6. Eremchenko E. N., Tikunov V. S. Golografitcheskie vozmozhnosti vizualizatsii v geografii [Holographic possibilities of visualization in geography] Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya Geografiya, 2016, No 2, pp. 22–29 (in Russian).
7. Lisickiy D.V., Komissarova E.V., Kolesnikov A.A., Sharypova M.N. Animacionnaya kartografiya – odno iz perspektivnyh napravlenij kartograficheskoj nauki i praktiki v sovremennyh usloviyah kartografirovaniya dinamiki processov i yavlenij [Animated cartography is one of the most promising directions of cartographic science and practice in modern conditions of mapping dynamics processes and phenomena], Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij v usloviyah global’nyh izmenenij klimata: materialy nauch. konf. InterCarto/InterGIS 22 [GIS sustainable development of territories in conditions of global climate change: proceedings scientific. Conf. InterCarto/Intergis 22]. T. 1, Moscow: Izdatel’skij dom “Nauchnaya biblioteka”, 2016, pp. 213–220 (in Russian).
8. Minakir P.A. Ekonomitsheskaya situatsiya na Dal’nem Vostoke i perspektivnye sfery ekonomitsheskogo sotrudnichestva Rossii i Yaponii [The economic situation in the Russian Far East and the promising areas of economic cooperation between Russia and Japan], Materialy XXII vstrechi merov gorodov Sibiri i Dalnego Vostoka i merov gorodov Zapadnogo poberezhja Yaponii i rossijsko-yaponskogo bizness-foruma (XXII, 19-20 avgusta 2009; Khakodate), Khakodate, 2009, pp. 280–284 (in Russian), pp. 32–35 (in Japanese).
9. Popov V.E. Osobye ekonomicheskie zony: perspektivy deyatelnosti na rossijskom Dalnem Vostoke [Special economic zones: prospects for business in the Russian Far East] Dalnevostochnij mezhdunarodnyj ekonomicheskij congress. Materialy konferentsii v 8 tomakh (27-28 sentiabrya 2005 g., Khabarovsk), Vol. 6. Razvitie prigranichnogo sotrudnichestva na Dal’nem Vostoke Rossii, Vladivostok, Khabarovsk: DVO RAN, 2006, pp. 101–105 (in Russian).
10. Tektonicheskoe rajonirovanie i uglevodorodnyj potencial Ohotskogo morya: k 60-letiyu osnovaniya Instituta morskoj geologii i geofiziki DVO RAN [Tectonic zoning and hydrocarbon potential of the Sea of Okhotsk: on the 60th anniversary of founding of the Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS] / O. V. Veselov, E. V. Gretskaya, A. Ya. Il’yov i dr.; otv. red. chl.-korr. K. F. Sergeev; Institut mor. geologii i geofiziki DVO RAN, Moscow: Nauka, 2006, 130 p. (in Russian).
11. Shejngauz A. S. Sovremennoe ekonomicheskoe razvitie i okhrana prirody kak predvaritelnije usloviya ustojchivogo razvitiya na rossijskom Dalnem Vostoke i v Severo-Vostochnoj Azii [Current economic development and environmental protection as a pre-condition for sustainable development in the Russian Far East and Northeast Asia], Trudy mezhdunarodnogo foruma po okhrane okruzhayushchej sredy v Severo-Vostochnoj Azii,

Tojama, 1999, pp. 14–29 (in Japanese).
12. Shilin A.N., Shilin A.A. Intellektualnie elektricheskie seti: problem i reshenija [Intelligent electrical networks: problems and solutions], Izvestiya Volgogradskogo tekhnicheskogo universiteta, 2011, Vol. 3, No 8, pp. 84–88 (in Russian).
13. Endsley M.R. Design and evaluation for Situation Awareness enhancement. Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting 1988, Santa Monica, CA: Human Factors Society, Vol. 1, pp. 97–101.
14. Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov R., Massel L., Strobl J. Digital Earth and Evolution of Cartography, Procedia Computer Science, 2015, Vol. 66, pp. 235–238.
15. Geology and hydrocarbon prospects of the Okhotsk Sea: Report of Institute of Marine Geology and Geophysics. The project manager is Dr. H. Gnibidenko; Pacon Inc.; Petroconsultants SA, Geneva, Switzerland, Petroconsultants, 1992, 570 p.
16. Geospatial Revolution Project, c2010, The Pennsylvania State University; http://geospatialrevolution.psu.edu/.
17. von Hippel D. What Could an “Asian Super-grid” Mean for Northeast Asia?, NAPS Net Policy Forum, April 13, 2015; http://nautilus.org/napsnet/napsnet-policy-forum/what-could-an-asian-super-grid-mean-for-northeast-asia/.
18. Kuhn T. The Structure of Scientific Revolutions. The University of Chicago, Chicago, 1970, 2nd edition, enlarged, 210 p.
19. UN official site, 1. General Assembly, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

УДК 504.54 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-143-154

В.В. Дмитриев[1], А.Н. Огурцов[2], В.Ю. Разживин[3]

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АККУМУЛЯЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ОСТРОВА САХАЛИН

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен подход к интегральному оцениванию аккумуляции нефтяных углеводородов (НУВ) в почвенном покрове острова Сахалин. Картографической основой для этой работы была почвенная карта острова Сахалин масштаба 1:2 500 000. Всего на карте показаны 103 почвенных контура. В качестве дополнительного источника информации были использованы также материалы Национального атласа почв Российской Федерации. В качестве критерия аккумуляции НУВ предлагается использовать интегральный показатель, рассчитанный на основе 5 оценочных критериев. При выборе оценочных критериев были использованы работы отечественных исследователей. Критерии оценки по каждому почвенному контуру включают: гранулометрический состав, суммарную мощность органогенно-гумусовых горизонтов, содержание органического углерода в органогенно-гумусовых горизонтах и содержание органического углерода в минеральной части, а также наличие глеевого барьера.

---

[1] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле; 199178, Россия, Санкт-Петербург ВО, 10-линия 33-35; *e-mail:* vasiliy-dmitriev@rambler.ru
[2] Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле; 199178, Россия, Санкт-Петербург ВО, 10-линия 33-35; *e-mail*: aogurcov@yandex.ru
[3]Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2; *e-mail*: volodyar@binran.ru

Расчёт интегрального показателя выполнен на принципах АСПИД-методологии. На основе этой методологии авторами была составлена карта потенциальной способности почвенного покрова острова Сахалин аккумулировать нефтяные углеводороды. На базе ГИС-технологии с использованием оценок интегрального показателя проведён анализ и выявлены особенности пространственной дифференциации аккумуляции НУВ в почвенном покрове.

Проведённые оценка и анализ аккумуляции нефтяных углеводородов показали, что наибольшей способностью закреплять НУВ обладают торфянистые и торфяно-глеевые болотные почвы. Наиболее низкой способностью аккумулировать нефтяные углеводороды обладают подзолы иллювиально-железистые (подзолы иллювиально-малогумусовые). Почвы этой группы занимают 1% территории острова. В целом же почвы с низкой и очень низкой способностью закрепления НУВ занимают менее 36% территории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

почва, нефтяные углеводороды, оценка аккумуляции, АСПИД, ГИС

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки геохимической устойчивости почв к загрязнению нефтяными углеводородами (НУВ) – многоплановая и сложная, отражающая различные аспекты «способности почв нейтрализовать отрицательные эффекты воздействия загрязняющих веществ» [Глазовская, 1997]. Решение данной проблемы является одним из важнейших условий обеспечения экологической безопасности в районах добычи, транспортировки и переработки углеводородов [Геннадиев, 2009].

Многоплановый характер оценочных исследований устойчивости выражается в необходимости учитывать свойства и режимы почв, определяющие процессы деструкции (биохимического окисления), аккумуляции, выноса и рассеивания в ландшафтах нефтяных углеводородов. Сложность данной проблемы определяется, с одной стороны, отсутствием объективной меры измерения устойчивости почвы как эмерджентного свойства «биокосной природной системы» и, как следствие, необходимостью учёта множества показателей и параметров [Машкин и др., 2013]. С другой стороны, используемые при оценке параметры и критерии зачастую не только носят описательный характер и недостаточно формализованы, но и дают в совокупности несравнимый результат общей оценки. Несравнимость проявляется в том, что один фактор влияет на устойчивость сильнее другого или роль факторов изменяется во времени. В другом случае по одному индикатору устойчивость может быть оценена одним классом, а по другому (другим) – другим классом. В третьем примере по совокупности параметров, отражающих устойчивость к изменению элементов естественного режима, устойчивость может быть отнесена к одному классу, а при учёте группы параметров, отражающих антропогенный режим, – к другому. В четвёртом примере приоритеты, заданные разным индикаторам, могут изменить результат оценки на пол класса – один класс по сравнению с равновесомым их учётом. Опыт исследователя должен способствовать отбору необходимых и достаточных параметров оценивания. Это позволит избегать ситуаций, при которых: 1 – по одному набору параметров один почвенный выдел более устойчив, чем другой, а по другому набору – наоборот; 2 – по разным исходным характеристикам «устойчивыми» и «неустойчивыми» могут оказаться разные почвенные выделы. В связи со сказанным, в современных исследованиях, как отмечено в работе [Дмитриев, Огурцов, 2014], большое внимание уделяется разработке индикаторов и индексов, отражающих отдельные стороны формирования эмерджентных свойств почв. Эти исследования затрагивают вопросы интеграции разнородных характеристик (факторов), ответственных за способность почв:

1) сохранять при внешнем воздействии исходное состояние в течение некоторого времени или переходить из одного состояния равновесия в другое, сохраняя при этом внутренние связи;

2) сохранять способность почвенных экосистем возвращаться в исходное состояние после временного внешнего загрязнения и вопросы получения количественных показателей, характеризующих пространственно-временные особенности этого свойства.

Для этих целей были предложены и реализуются на практике различные методики оценивания устойчивости почв. Достаточно широкую известность получили балльная и балльно-индексная системы оценки, которые можно отнести к комплексному оцениванию устойчивости. Это наиболее распространённые подходы к оценке устойчивости. В частности, на идеях и принципах балльной системы эколого-геохимической оценки устойчивости построен картографический анализ устойчивости почвенного покрова территории России и отдельных её регионов, приведённый в обзоре [Gennadiev, Pikovskii, 2007].

Второй подход, называемый нами многокритериальным оцениванием, состоит в оценке устойчивости на основе индикативного подхода. Для этого выбираются или строятся отдельные индексы устойчивости, имеющие шкалы оценивания по классам устойчивости. Оценка устойчивости выполняется по каждому из индексов. Индекс может характеризовать какой-либо фактор, влияющий на устойчивость почв. Отличительной чертой многокритериального оценивания является упомянутая выше возможная несравнимость результатов оценивания по разным индексам или разным моделям построения интегральных показателей (т.н. моделям-классификациям). Здесь же выявляются методологические взгляды или промахи авторов, объединяющих в своих подходах разные виды устойчивости. При этом в одной модели можно встретить одновременное сочетание признаков адаптационной и регенерационной устойчивости. Такое сочетание признаков не оговаривается авторами, но следствием его является разнонаправленность использующихся оценочных шкал [Огурцов, Хованов, 2003; Дмитриев, Огурцов, 2014].

Третий подход, названный авторами интегральной оценкой устойчивости, является современным продолжением многокритериального оценивания и отличается от второго подхода наличием многоуровневости и многокритериальности при построении шкал интегральных показателей. В этом подходе автор работает с несколькими индексами, характеризующими отдельные факторы оценивания. Здесь также реализуется возможность работы с т.н. «ннн-информацией», позволяющей учитывать неполную, неточную, нечисловую информацию при учёте приоритетов оценивания. Здесь же оценивается точность и достоверность оценивания интегральных показателей. Наиболее интересным развитием этого подхода, на наш взгляд, является возможность исследования ответной реакции системы на внешнее воздействие. При этом определяется возможность системы сохранять свои свойства и параметры режимов в пределах того класса, в котором система находилась до оказанного воздействия. Если система после оказанного воздействия по величине интегрального показателя перешла в другой класс состояния (устойчивости), то оказанное на неё воздействие считается недопустимым и приведёт к антропогенной трансформации системы.

В практическом плане для оценки потенциальной устойчивости почвенного покрова к загрязнению нефтяными углеводородами авторами выполнены исследования и составлены оценочные карты территории Инзырейского месторождения [Огурцов и др., 2007]; прохождения трассы проектируемого внутрипромыслового нефтепровода в районе посёлка Варандей на севере Ненецкого автономного округа Архангельской области [Машкин и др., 2013 и др.]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе предлагаемых решений по интегральной оценке аккумуляции нефтяных углеводородов в почвах, как фактора устойчивости почвенного покрова, в качестве инструмента оценки используется методика синтеза отдельных (нормированных) показателей, базирующаяся на принципах АСПИД методологии [Хованов, 1996] в сочетании с использованием ГИС-технологии пространственного анализа на базе ГИС Mapinfo. На основных принципах

АСПИД (анализ и синтез показателей при информационном дефиците) построены расчётные алгоритмы системы GEO-expert [Васильев, Огурцов, Хованов, 2004], включая:

- алгоритм линеаризации, позволяющий переходить от частично упорядоченного по предпочтительности множества векторов отдельных (нормированных) показателей к линейно упорядоченному множеству интегральных оценок;
- алгоритм арифметизации, позволяющий получать числовые оценки для исходной нечисловой информации, лежащей в основе построения показателей и определения весовых коэффициентов;
- алгоритм рандомизации, позволяющий моделировать дефицит информации, обычно существующий на всех этапах синтеза интегральных оценок.

Последовательность выполнения расчётных операций по построению интегрального показателя включает:

- формирование вектора исходных характеристик, каждая из которых необходима, а все вместе достаточны для оценивания состояния системы или её свойства;
- формирование из массива исходных характеристик смысловых групп (уровней), описывающих систему или факторы, влияющие на исследуемое свойство системы, и организация иерархической системы оценки;
- формирование вектора отдельных (нормированных) показателей исследуемого свойства (устойчивость) как функции исходных параметров, характеризующих данное свойство с точки зрения отдельных критериев;
- выбор синтезирующей функции, определяющей интегральный показатель (индекс), по значению которого формируется интегральная оценка;
- оценку значимости отдельных (нормированных) показателей на интегральную оценку путём формирования вектора весовых коэффициентов с учётом приоритетов оценивания.

В данной статье нами проведена работа по интегральной оценке способности почвенного покрова аккумулировать нефтяные углеводороды. В качестве модельной территории была выбрана Сахалинская область (в границах острова Сахалин). Нефтегазовая отрасль области играет ведущую роль в экономике региона.

В качестве основного источника информации при проведении оценочных исследований были использованы материалы Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (ЕГРПР) [Единый государственный реестр... , 2014].

Пространственная информация электронной версии ЕГРПР представлена контурами (полигонами) цифровой почвенной карты, с которой связана атрибутивная информация базы данных. Атрибутивная база данных содержит различные характеристики и параметры почв, отражающие морфогенетическое строение, физико-химические свойства, вещественный состав и др. Электронная карта почвенного покрова острова Сахалин масштаба 1:2 500 000 содержит описание типов почв и почвенных комплексов.

В качестве источника информации были использованы также материалы Национального атласа почв Российской Федерации [Национальный атлас… , 2011].

Согласно [Gennadiev, Pikovskii, 2007], важным условием аккумуляции углеводородов и закрепления их в почвенном профиле является наличие сорбционных и экранирующих барьеров. К факторам, отражающим потенциальную способность почв аккумулировать углеводороды на сорбционных барьерах, относят органогенные и гумусовые горизонты почв. В качестве оценочных критериев органогенно-гумусовых горизонтов почв рассматриваются мощность горизонтов и процентное содержание в них органического углерода [Gennadiev, Pikovskii, 2007].

Для оценки аккумуляции углеводородов минеральными компонентами в качестве оценочных критериев используют характеристики гранулометрического состава почвы и содержание органического углерода в ней. Известно, что почвы лёгкого гранулометрического со-

става (песчаные и супесчаные) обладают низкой сорбционной способностью [Gennadiev, Pikovskii, 2007].

В районах распространения многолетнемёрзлых пород (ММП) в качестве критерия, отражающего экранирующую способность почв и оказывающего влияние на радиальную миграцию нефтяных углеводородов, используют глубину залегания кровли ММП. Также в качестве экранирующих барьеров выделяют глеевые горизонты тяжёлого гранулометрического состава и верхнюю границу почвенно-грунтовых вод. В обзорной работе И.В. Замотаева с соавторами [Zamotaev *et al.*, 2015] отмечается, что глеевые барьеры, залегая, в среднем, на глубинах 30–70 см, оказывают влияние на радиальную миграцию углеводородов по почвенному профилю, ограничивая её. Вследствие этого имеет место не только накопление НУВ в органогенных горизонтах почвы, но и увеличение их содержания на глеевом барьере [Сотникова, Липатов, 2010]. По данным Т.М. Побережной [2006], глеевый геохимический барьер в ландшафтно-геохимических условиях о. Сахалин является важным фактором, обусловливающим региональные особенности накопления НУВ.

Из приведённых выше данных следует, что способность почв закреплять нефтяные углеводороды можно описать системой исходных характеристик, т.е. контуры цифровой почвенной карты ЕГРПР могут быть описаны вектором числовых исходных характеристик $x_i, \ldots, x_m$, аккумуляции НУВ. Тогда j -й *почвенный контур ЕГРПР* может отождествляться с числовым вектором $x^{(j)} = (x_1^{(j)}, \ldots, x_m^{(j)})$. Всего почвенных контуров 103.

В качестве исходных характеристик при интегральной оценке потенциальной способности почвенного покрова аккумулировать НУВ нами рассмотрены следующие пять (m=5) критериев:

x_1 – мощность органогенно-гумусовых горизонтов (ОГГ);

x_2 – содержание органического углерода (%) в ОГГ;

x_3 – оценка гранулометрического состава минеральной части;

x_4 - содержание органического углерода (%) в минеральной части;

x_5 – глеевый барьер (% глеевой почвы от площади почвенного полигона).

Так как рост величины исходных характеристик сопровождается увеличением степени аккумуляции нефтяных углеводородов в почве, то для формирования системы отдельных (нормированных) показателей $q_i(x_i)$, характеризующих оценку аккумуляции почвенного покрова с точки зрения выбранных отдельных критериев, используется функция линейного нормирования исходных характеристик вида

$$q_i = q_i(x_i)\begin{cases} = 0, & x_i \le x_{\min} \\ = ((x_i - x_{\min})/(x_{\max} - x_{\min}))^n, & x_{\min} \le x_i \le x_{\max} \\ = 1, & x_i \ge x_{\max} \end{cases}$$

В качестве границ интервалов при нормировании используются минимальные и максимальные значения соответствующих исходных характеристик из базы данных ЕГРПР. Теперь j -й почвенный контур ЕГРПР может быть отождествлен с вектором $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \ldots, q_m^{(j)})$, $0 \le q_i^{(j)} \le 1$ значений отдельных показателей аккумуляции, который представляет собой многокритериальную оценку потенциальной способности этого почвенного контура аккумулировать НУВ.

Решение указанной выше проблемы несравнимости многокритериальных оценок осуществляется путем построения интегрального показателя $Q^{(j)}$ по вектору отдельных показателей $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \ldots, q_m^{(j)})$.

В качестве интегрального показателя используется линейная функция, представляющая собой взвешенное среднее арифметическое значений отдельных (нормированных) показате-

лей вида $Q = Q(q;w) = \sum_{i=1}^{m} q_i w_i$. Значимость отдельных показателей определяется конечным множеством допустимых векторов весовых коэффициентов $w=(w_1, \ldots, w_m)$.

Существуют различные способы задания весовых коэффициентов. Предложенное Н.В.Хововым [Хованов, 1996] решение проблемы неопределённости задания (выбора) весовых коэффициентов основано на использовании байесовской модели рандомизации неопределенности. В качестве числовой оценки конкретного вектора весовых коэффициентов принимается математическое ожидание случайной величины рандомизированного весового коэффициента. Точность такой оценки характеризуется стандартным отклонением рандомизированного весового коэффициента. При моделировании весомости отдельных показателей используются алгоритмы формализации нечисловой, неточной и неполной информации. Согласно [Хованов, 1996], алгоритм формализации суждений типа «больше», «меньше», «равно» и генерации весовых коэффициентов основан на методе последовательного перебора в лексикографическом порядке монотонных путей, заданных на целочисленной решетке и взаимно однозначно определяющих соответствующий вектор весовых коэффициентов. Отметим, что элементы вектора весовых коэффициентов $w_1, \ldots, w_m$ удовлетворяют условиям $0 \le w_i \le 1$ и $w_1 + \ldots + w_m = 1$.

Использование вектора рандомизированных весовых коэффициентов в функции свёртки отдельных (нормированных) показателей приводит к получению рандомизированных интегральных показателей, для которых получают аналогичные статистические характеристики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Подготовка исходных данных и расчёт интегрального показателя аккумуляции НУВ осуществлялись в системе Geo_Expert с помощью обращения и работы с электронными таблицами типа MS Excel. Результаты анализа опубликованных материалов Т.М. Побережной [Побережная, 2006] легли при расчёте интегрального показателя в основу учёта значимости отдельных критериев, отражающих региональные особенности накопления НУВ согласно заданному условию: $x_5 > x_1 = x_2 = x_3 = x_4$.

В таблице 1 приведены оценки весовых коэффициентов.

Таблица 1. *Оценки весовых коэффициентов при расчете интегральных показателей аккумуляции НУВ*
Table 1. *Evaluation of the weighting factors in the calculation of the integral indicators of PHc accumulation*

Оценочный критерий	**$Mw_i(I)$**	**$Sw_i(I)$**
X_1	0,075	0,055
X_2	0,075	0,055
X_3	0,075	0,055
X_4	0,075	0,055
X_5	0,7	0,224

Проведённые расчёты интегральных показателей позволили оценить и картировать территорию острова Сахалин по способности аккумулировать НУВ в почвенном покрове. В целях уменьшения ошибки и повышения качества привязки результата к определённому почвенному полигону (таблица 2) оценочная шкала интегрального показателя была разбита на диапазоны, исходя из предположения, что значения интегрального индекса распадаются на несколько отчётливых групп («естественная группировка»). В соответствии с градациями шкалы все типы почвенных полигонов ранжированы и сведены в 5 бонитировочных групп.

Таблица 2. *Интегральные показатели аккумуляции НУВ в почвенном покрове острова Сахалин*
Table 2. *Integral indicators of the PHc accumulation in the soil cover of Sakhalin Island*

Номер почвенного полигона на карте	Интегральный показатель	Номер почвенного полигона на карте	Интегральный показатель	Номер почвенного полигона на карте	Интегральный показатель
16725	0,148	19714	0,148	21647	0,235
16801	0,129	19848	0,831	21649	0,148
16951	0,191	19882	0,208	21798	0,676
16972	0,148	19908	0,235	21920	0,850
17112	0,018	19946	0,148	22140	0,336
17123	0,191	19953	0,148	22177	0,235
17254	0,018	20005	0,033	22204	0,261
17425	0,191	20034	0,192	22209	0,284
17447	0,199	20114	0,850	22301	0,265
17470	0,018	20306	0,192	22308	0,191
17553	0,191	20331	0,659	22319	0,161
17648	0,018	20358	0,235	22380	0,235
17696	0,676	20382	0,191	22431	0,124
17776	0,018	20398	0,304	22432	0,161
17862	0,851	20419	0,192	22462	0,033
17906	0,679	20425	0,819	22502	0,235
17913	0,018	20468	0,235	22513	0,143
17948	0,174	20507	0,191	22526	0,206
17998	0,191	20520	0,235	22557	0,161
18038	0,191	20535	0,235	22571	0,161
18042	0,679	20537	0,323	22594	0,318
18119	0,191	20563	0,235	22595	0,033
18215	0,816	20625	0,235	22601	0,850
18288	0,608	20708	0,318	22713	0,235
18439	0,129	20718	0,235	22726	0,352
18453	0,851	20751	0,191	22772	0,161
18460	0,174	20800	0,191	22834	0,235
18622	0,366	20866	0,191	21318	0,675
18981	0,129	20959	0,191	21338	0,191
19014	0,251	20963	0,678	21412	0,161
19050	0,251	21028	0,235	19623	0,251
19106	0,304	21040	0,161	19627	0,251
19125	0,819	21159	0,851	19636	0,251
19154	0,191	21163	0,235		
19285	0,643	21181	0,235		

Картографическое отображение (рисунок 1) результатов расчёта и их ГИС-анализ показали, что на Сахалине почвы с высокой и наиболее высокой способностью аккумулировать НУВ занимают около 46% территории острова. Наиболее высоким показателем аккумуляции (0,851) характеризуются торфянистые и торфяно-глеевые болотные почвы полигонов 17862,

18453 и 21159. Наиболее низкие значения интегрального индекса характерны для подзолов иллювиально-железистых (подзолы иллювиально-малогумусовые) полигонов 17112, 17254, 17470, 17648, 17776 и 17913. Почвы этой группы занимают 1% территории острова. В целом же почвы с низкой и очень низкой степенью аккумуляции НУВ занимают менее 36% территории.

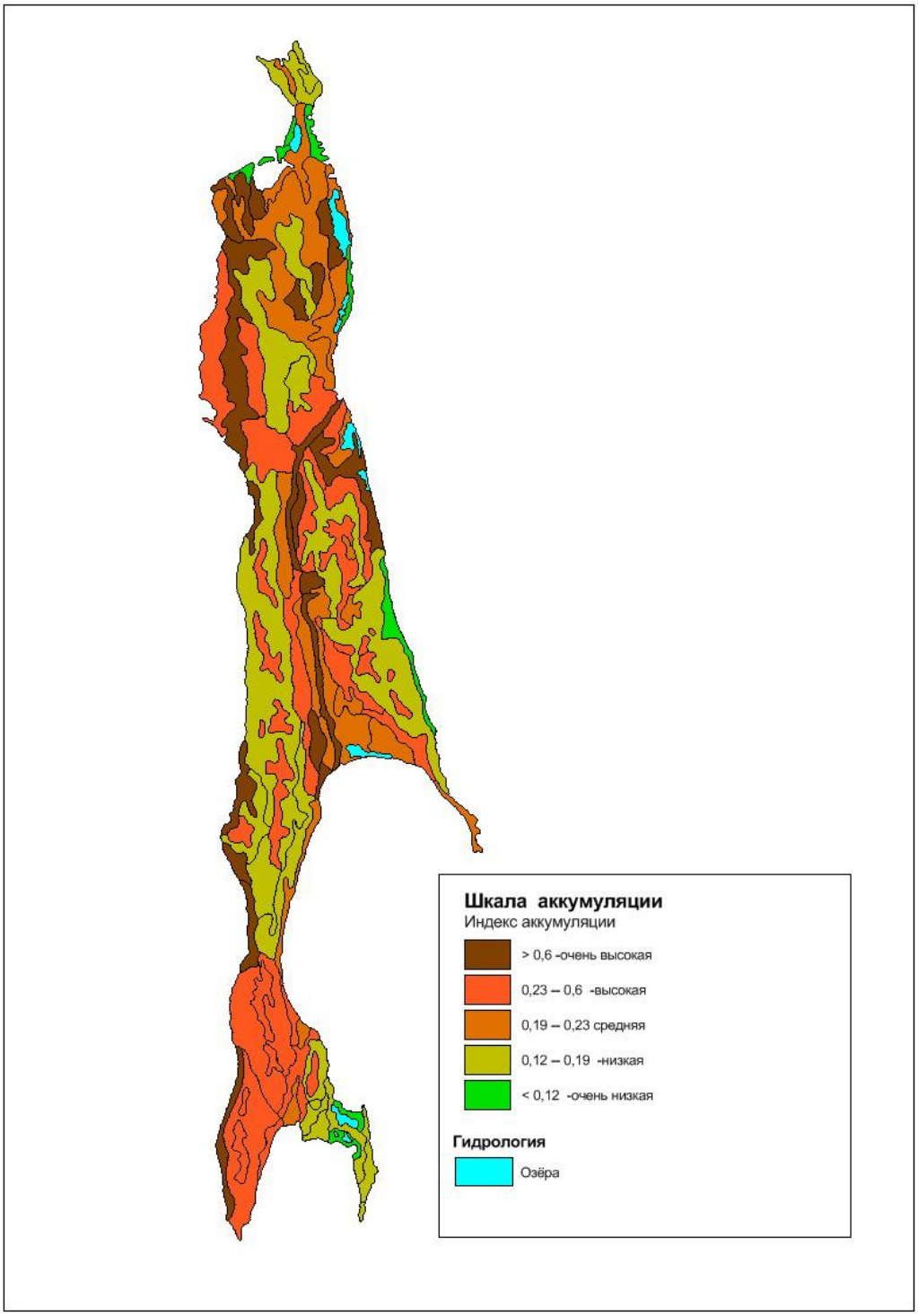


Рисунок 1. *Районирование территории острова Сахалин по величине интегрального показателя аккумуляции нефтяных углеводородов в почвенном покрове*

Figure 1. *Zoning of the Sakhalin Island territory in terms of the integral value of petroleum hydrocarbons accumulation in the soil cover*

ВЫВОДЫ

Использование АСПИД-методологии на базе исследований и расчётов интегрального показателя аккумуляции нефтяных углеводородов в почвенном покрове о. Сахалин, позволило оценить региональные особенности потенциальной способности почв закреплять НУВ. На острове преобладают почвы с высокой и очень высокой способностью аккумулировать НУВ. Лишь один процент территории острова занимают почвы (подзолы иллювиально-малогумусовые) с очень низкой степенью аккумулирования НУВ. Этот параметр наряду с другими может в дальнейшем использоваться для интегральной оценки устойчивости почв к изменению параметров естественного и антропогенного режимов функционирования почвенных экосистем. Важным моментом в процессе оценки устойчивости почвенного покрова будет также разработка интегральных критериев, отражающих свойства и компонентный состав НУВ.

На этих же принципах может основываться интегральная оценка других факторов устойчивости почвы. Совместная многокритериальная и многоуровневая оценки факторов устойчивости позволит в дальнейшем оценить устойчивость почвы к изменению параметров естественного и антропогенного режимов с учетом региональных особенностей территории.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность Российскому Фонду Фундаментальных Исследований за поддержку исследований по оценке устойчивости в рамках выполнения гранта РФФИ № 16-05-00715-а, а также Институту наук о Земле СПбГУ за помощь в организации работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев В.Ю., Огурцов А.Н., Хованов Н.В.* Организация специализированных приложений для ГИС на принципах АСПИД методологии //Устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт. Материалы международной конференции ИнтерКарто 10. Владивосток (Россия) – Чаньчунь (КНР). – 2004. – С.134–143.
2. *Геннадиев А.Н.* Нефть и окружающая среда // Вестник Московского университета. – Сер. 5. География. – 2009. – № 6. – С. 30–39.
3. *Глазовская М.А.* Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям: методическое пособие. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1997. – 102 с.
4. *Дмитриев В.В., Огурцов А.Н.* Подходы к оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. III. Интегральная оценка устойчивости почвы и наземных геосистем // Вестник СпбГУ. – Серия 7. – Вып.4. – 2014. – С. 114–130.
5. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии. – 2014. – 768 с.
6. *Машкин Ю.Л., Орлов С.В., Разживин В.Ю., Огурцов А.Н.* Интегральная оценка и пространственный анализ потенциальной устойчивости почвенного покрова большеземельской тундры к загрязнению нефтяными углеводородами // Инженерные изыскания. – 2013. – № 13. – С. 60–67.
7. Национальный атлас почв Российской Федерации / Под ред. чл.-корр. РАН С.А. Шобы. – М.:АСТРЕЛЬ, 2011. – 632 с.
8. *Огурцов А.Н., Хованов Н.В.* АСПИД-картографирование оценок экологического состояния и устойчивости географических систем // ГИС для устойчивого развития территорий: материалы Международной конференции ИнтерКарто-9. – Новоросийск – Севастополь, 2003. – С. 370–377.

9. *Огурцов А.Н., Разживин В.Ю., Пигольцина Г.Б., Хованов Н.В.* Геоинформационный анализ и синтез показателей устойчивости почвенного покрова к загрязнению нефтяными углеводородами при информационном дефиците // ИнтерКарто/ИнтерГИС 13: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. – Материалы Международной конференции Ханты-Мансийск – Йеллоунайф, 12–24 августа 2007 г. – Ханты-Мансийск: Изд-во Полиграфист, 2007. – Т. 1. – С. 189–196.
10. *Побережная Т.М.* Ландшафтно-геохимические исследования на Сахалине // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2006. – № 1. – С. 109–114.
11. *Сотникова Е.Г., Липатов Д.Н.* Миграция углеводородов нефти в почвах северо-востока острова Сахалин // Вестник Московского университета. – Серия 17: Почвоведение. – 2010. – № 1. – С. 35–42.
12. *Хованов Н.В.* Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1996. – 204 с.
13. *Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I.* The maps of soil tolerance toward pollution with oil products and polycyclic aromatic hydrocarbons: methodological aspects // Eurasian Soil Science. – 2007. – Vol. 40. – № 1. – Pp. 70–81.
14. *Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Nikonova A.N.* Chemical Contamination and Transformation of Soils in Hydrocarbon Production Regions // Eurasian Soil Science. – 2015. – Vol. 48. – No. 12. – Pp. 1370–1382.

Vasiliy V. Dmitriev[1], Alexander N. Ogurtsov[2], Vladimir Yu. Razzhivin[3]

INTEGRATED ASSESSMENT AND GEOSPATIAL ANALYSIS OF ACCUMULATION OF PETROLEUM HYDROCARBONS IN THE SOIL COVER OF SAKHALIN ISLAND

ABSTRACT

The article considers the approach to the integral estimation of the assessment of petroleum hydrocarbons (PHc) in the soil cover of Sakhalin Island. The soil map of Sakhalin was used as the cartographic base for this work. The soil map includes 103 soil polygons. An additional information on soils was also taken from The Soil Atlas of the Russian Federation. As an integral criterion for the accumulation of PHc, it is proposed to use an integral indicator calculated on the basis of 5 evaluation criteria. The choice of criteria for the assessment was based on the works of Russian scientists. The evaluation criteria on each of the polygons include information on the soil texture, the total thickness of the organic and humus horizons, the content of organic carbon in these horizons and the content of organic carbon in the mineral horizons, as well as the presence of a gley barrier.

The calculation of the integral indicator is based on the principles of the ASPID methodology. On this basis, the authors compiled the map of the potential capacity of Sakhalin soils to accumulate petroleum hydrocarbons. On the basis of GIS-technology using the estimates of the integral indicator, the analysis has been performed revealing the features of spatial differentiation of PHc accumulation in the soil cover.

[1] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences; 199178, Russia; St. Petersburg, VO, 10-line 33-35; *e-mail:* vasiliy-dmitriev@rambler.ru
[2] Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences; 199178, Russia; St. Petersburg, VO, 10-line 33-35; *e-mail:* aogurcov@yandex.ru
[3] Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences; 197376, Russia; St. Petersburg, Professor Popov st 2; *e-mail:* volodyar@binran.ru

The analysis and assessment of the accumulations of petroleum hydrocarbons has shown that peaty and peat boggy soil have the greatest ability to holding the PHc. The lowest ability to accumulate petroleum hydrocarbons is typical of illuvial-ferruginous podzols (illuvial low-humic podzols). The soils of this group occupy 1% of the island. In general, soils with low and very low hydrocarbon accumulation capacity occupy less than forty percent of the territory.

KEYWORDS:

soil, petroleum hydrocarbons, estimation of accumulation, ASPID, GIS

REFERENCES

1. Vasil'ev V.Ju., Ogurtsov A.N., Hovanov N.V. Organizacija specializirovannyh prilozhenij dlja GIS na principah ASPID-metodologii [Organization of specialized applications for GIS on the principles of ASPID-methodology] //Ustojchivoe razvitie territorij: geoinformacionnoe obespechenie i prakticheskij opyt. Materialy mezhdunarodnoj konferencii InterKarto 10. Vladivostok (Rossija) – Chan'chun' (KNR), 2004, pp.134–143 (in Russian).
2. Gennadiev A.N. Neft' i okruzhajushhaja sreda [Oil and the environment] // Vestnik Moskovskogo. Universiteta, Ser. 5. Geografija, 2009, No 6, pp. 30–39 (in Russian).
3. Glazovskaja M.A. Metodologicheskie osnovy ocenki ekologo-geohimicheskoj ustojchivosti pochv k tehnogennym vozdejstvijam: metodicheskoe posobie [Methodological framework for the assessment of ecological-geochemical resistance of soils to anthropogenic impacts: a methodological guide], Moscow: Izd-vo Moskovskogo un-ta, 1997, 102 p. (in Russian).
4. Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N. Podhody k ocenke i GIS-kartografirovaniju ustojchivosti i ekologicheskogo blagopoluchija geosistem. III. Integral'naja ocenka ustojchivosti pochvy i nazemnyh geosistem [Approaches to assessment and GIS mapping sustainability and environmental well-being of Geosystems. III. integrated assessment of the sustainability of soil and terrestrial geosystems], Vestnik SPbGU, Serija 7, Vyp.4, 2014, pp.114–130 (in Russian).
5. Edinyj gosudarstvennyj reestr pochvennyh resursov Rossii. Versija 1.0.[Unified state register of soil resources of Russia. Version 1.0.], Kollektivnaja monografija, Moscow: Pochvennyj in-t im. V.V. Dokuchaeva Rossel'hozakademii, 2014, 768 p. (in Russian).
6. Mashkin Ju. L., Orlov S. V., Razzhivin V. Ju., Ogurtsov A. N. Integral'naja ocenka i prostranstvennyj analiz potencial'noj ustojchivosti pochvennogo pokrova bol'shezemel'skoj tundry k zagrjazneniju neftjanymi uglevodorodami [Integrated assessment and spatial analysis of potential resistance of a soil cover of Bolshezemelskaya Tundra to pollution by oil hydrocarbons], Inzhenernye izyskanija, 2013, No 13, pp. 60–67 (in Russian).
7. Nacional'nyj atlas pochv Rossijskoj Federacii [The Soil Atlas of the Russian Federation], Pod red. chl.-korr. RAN S.A.Shoby, Moscow: ASTREL, 2011, 632 p. (in Russian).
8. Ogurtsov A.N., Hovanov N.V. ASPID-kartografirovanie otsenok ekologicheskogo sostojanija i ustojchivosti geograficheskih system [ASPID mapping of assessments of the ecological status and sustainability of geographic systems], GIS dlja ustojchivogo razvitija territorij. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii InterCarto9, Novorosijsk-Sevastopol' 27–29 ijunja 2003 g., Sevastopol', 2003, pp. 370–377 (in Russian).
9. Ogurtsov A.N., Razzhivin V.Ju., Pigol'cina G.B., Hovanov N.V. Geoinformacionnyj analiz i sintez pokazatelej ustojchivosti pochvennogo pokrova k zagrjazneniju neftjanymi uglevodorodami pri informacionnom deficite [GIS-based analysis and synthesis of sustainability indicators of a soil cover to pollution by oil hydrocarbons at information deficiency], InterKarto/InterGIS 13: ustojchivoe razvitie territorij: teorija GIS i prakticheskij opyt, Materialy Mezhdunarodnoj konferencii Hanty-Mansijsk – Jellounajf, 12–24 avgusta 2007 g., Hanty-Mansijsk: Izd-vo Poligrafist, 2007, T. 1, pp. 189–196 (in Russian).

10. Poberezhnaya T.M. Landshaftno-geohimicheskie issledovanija na Sahaline [Geochemical studies of landscapes on Sakhalin Island], Vestnik Dal'nevostochnogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk, 2006, No 1, pp. 109–114 (in Russian).
11. Sotnikova E.G., Lipatov D.N. Migracija uglevodorodov nefti v pochvah severo-vostoka ostrova Sahalin [Oil hydrocarbons migration in soils of the northeast of Sakhalin island], Vestnik Moskovskogo universiteta, Serija 17. Pochvovedenie, 2010, No 1, pp. 35–42 (in Russian).
12. Hovanov N.V. Analiz i sintez nokazatelej pri informacionnom deficite [Analysis and synthesis of indicators at information deficiency], St. Petersburg, 1996, 196 p. (in Russian).
13. Gennadiev A.N., Pikovskii Yu.I. The maps of soil tolerance toward pollution with oil products and polycyclic aromatic hydrocarbons: methodological aspects. Eurasian Soil Science, 2007, Vol. 40, № 1, pp. 70–81.
14. Zamotaev I.V., Ivanov I.V., Mikheev P.V., Nikonova A.N. Chemical Contamination and Transformation of Soils in Hydrocarbon Production Regions. Eurasian Soil Science, 2015, Vol. 48, No. 12, pp. 1370–1382.

УДК 556.01 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-154-167

С.В. Пьянков[1], Н.Г. Максимович[2], Е.А. Хайрулина[3], А.Н. Шихов[4], Р.К. Абдуллин[5]

ПРИМЕНЕНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ РАЙОНАХ С КРИТИЧЕСКОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются особенности создания бассейновой геоинформационной системы (ГИС), предназначенной для организации экологического мониторинга, оценки и прогнозирования негативных последствий техногенного воздействия в районах с критической техногенной нагрузкой (на примере расположенного в Пермском крае ликвидированного Кизеловского угольного бассейна). Рассмотрен мировой опыт применения ГИС-технологий для решения экологических проблем угледобывающих районов. Представлена информационная основа и структура картографической и атрибутивной базы данных ГИС Кизеловского угольного бассейна. Выделены основные задачи создания ГИС, включающие инвентаризацию источников воздействия, выявление закономерностей пространственно-временного распределения загрязняющих веществ, количественную оценку и картографирование экологического состояния территории, прогноз экологической ситуации и планирование природоохранных мероприятий. Предложена система пространственных критериев для комплексной оценки экологического состояния территории угольных бассейнов, которая позволит проводить мониторинг происходящих изменений окружающей среды и выявлять территории с наиболее

[1] Пермский государственный национальный исследовательский университет, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; Пермь, ул. Генкеля, 8, 614990, Россия; *e-mail:* pyankovsv@gmail.com
[2] Естественно-научный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, лаборатория геологии техногенных процессов; Пермь, ул. Генкеля, 4, 614990, Россия; *e-mail:* max54@gmail.com
[3] Естественно-научный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, лаборатория геологии техногенных процессов; Пермь, ул. Генкеля, 4, 614990, Россия; *e-mail:* elenakhay@gmail.com
[4] Пермский государственный национальный исследовательский университет, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; Пермь, ул. Генкеля, 8, 614990, Россия; *e-mail:* and3131@inbox.ru
[5] Пермский государственный национальный исследовательский университет, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; Пермь, ул. Генкеля, 8, 614990, Россия; *e-mail:* rinaha-26@mail.ru

острой экологической ситуацией. К таким критериям относятся значение pH и содержание сульфатов в поверхностных водах, определённый спектр тяжёлых металлов, видовой состав микроорганизмов в поверхностных водах, площадь деградированных земель, процент погибших древесных насаждений.

Описан масштаб негативного воздействия ликвидированных шахт на поверхностные и подземные воды, выделены приоритетные загрязняющие вещества. Получены оценки протяжённости загрязнённых водотоков, а также площади потенциального загрязнения пойменных земель, полученные с применением данных космической съёмки LANDSAT. Отмечена необходимость разработки алгоритмов комплексирования разнородной пространственной информации (данных наземных и дистанционных наблюдений) для создания синтетических геоизображений, объективно характеризующих экологическую ситуацию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

ГИС-технологии, тематическое дешифрирование данных дистанционного зондирования Земли, математико-картографическое моделирование, районы экологического бедствия, синтетические геоизображения

ВВЕДЕНИЕ

ГИС-технологии являются важным инструментом оценки состояния окружающей среды и поддержки принятия решений в угледобывающих районах с высокой техногенной нагрузкой в Китае, США, странах Центральной Европы. Они применяются для решения ряда пространственных задач, включая организацию мониторинга, оценку и прогнозирование негативных последствий техногенного воздействия, разработку новых подходов к объективному анализу экологического ущерба, пространственный анализ и оценку степени опасности загрязнения природных компонентов, научно-обоснованное планирование и оценку эффективности рекультивационых мероприятий и др.

Одним из основных негативных последствий угледобычи является оседание грунтов и снижение уровня грунтовых вод. Данный процесс наносит значительный ущерб, например, устойчивости сельскохозяйственного производства. Эта проблема имеет наибольшую актуальность для территории Китая, где площадь выведенных из оборота сельскохозяйственных земель достигает нескольких тысяч км^2 [Hu *et al.*, 2014; Yu *et al.*, 2014]. Оценка степени проседания грунта за продолжительный период времени осуществляется путём сравнения цифровых моделей рельефа.

Ряд работ посвящён созданию новых подходов в количественной оценке экологической ситуации и ущерба, связанного с изменением землепользования в районах добычи угля, на основе анализа разновременных космических снимков. Для комплексной оценки экологической ситуации используется подход, основанный на индексе экосистемных услуг (Ecosystem Service Value, ESV). Сам индекс и его изменения во времени рассчитывается средствами ГИС-технологий, с использованием многолетнего ряда космических снимков LANDSAT, топографических карт и данных об источниках загрязнения [Bian and Lu, 2013]. В результате создаётся объективная картина пространственно-временных изменений состояния экосистем и характера землепользования.

На базе ГИС-технологий разрабатываются также локальные системы мониторинга для оценки и контроля территорий с высоким уровнем техногенной нагрузки (в том числе угледобывающих районов). Такие системы создаются в рамках бассейнового подхода, и применяются для инвентаризации источников воздействия, выявления изменений состояния природной среды, анализа неблагоприятных геолого-геоморфологических процессов на территории угледобычи, поддержки принятия решений [Naydyonova, Roumenina, 2009].

Также ряд публикаций посвящён применению ГИС-технологий для планирования, а также оценки эффективности рекультивационных и восстановительных мероприятий на

угольных месторождениях [Wei *et al.*, 2011]. Методы пространственного анализа позволяют осуществить научно обоснованный выбор мест проведения рекультивации.

Угледобывающие районы также характеризуются наличием острых эколого-гидрологических проблем, которые необходимо решать комплексными методами. Одним из эффективных инструментов является создание проблемно-ориентированных бассейновых ГИС и методов комплексирования пространственной информации на основе математико-картографического моделирования [Pyankov S.V., Kalinin V.G. Development of generalized integral index for estimating complex impact of major factors of winter runoff formation // Russian Meteorology and Hydrology, 2013, Vol. 38 (7), pp. 496–502].

В зарубежных странах создание бассейновых ГИС является одним из ключевых инструментов решения задач планирования природоохранных мероприятий. При этом преимуществами бассейновых ГИС является возможность комбинирования разнородной пространственной информации, реализации методов интегральной геоэкологической оценки, совершенствования системы мониторинга и планирования природоохранных мероприятий.

В России опыт создания подобных бассейновых ГИС для мониторинга и оценки экологической ситуации в районах с критической техногенной нагрузкой практически отсутствует. В связи с этим возникает необходимость не только разработки типовых функциональных возможностей такой ГИС, но и выработки новых методов интегральной оценки экологического состояния территории на основе математико-картографической моделирования. Созданные в результате моделирования синтетические геоизображения могут, в частности, использоваться для выделения зон экологического бедствия на региональном и локальном уровнях [Pyankov S.V., Kalinin V.G. Methodological aspects of spatial analysis of the river runoff formation by using mathematical cartographical modeling // Russian Meteorology and Hydrology, 2009, Vol. 34(1), pp. 58–61].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Создаваемая ГИС «Экологическая ситуация в угледобывающих районах с критической техногенной нагрузкой» направлена на решение комплекса задач, среди наиболее важных необходимо выделить следующие:

1. Создание системы пространственных критериев для комплексной оценки экологического состояния территории угольных бассейнов, которая позволит проводить мониторинг происходящих изменений окружающей среды и выявлять территории с наиболее острой экологической ситуацией. К таким критериям могут относиться значение pH, содержание сульфатов, определённый спектр тяжёлых металлов, видовой состав микроорганизмов в поверхностных водах, площадь деградированных земель, процент погибших древесных насаждений и т.д. При выделении значений критериев будут учитываться зональные особенности природных комплексов, которые могут способствовать более активной миграции и увеличению токсичности загрязнителей или их нейтрализации и аккумуляции в депонирующих средах природных комплексов. При обосновании системы критериев были рассмотрены особенности развития экологической ситуации на других угольных месторождениях [Maximovich, Khayrulina, 2014].

2. Разработка алгоритмов комплексирования разнородной пространственной информации (данных наземных и дистанционных наблюдений) для создания синтетических геоизображений. Полученные синтетические геоизображения объективно характеризуют экологическую ситуацию, а также смогут использоваться для определения эффективности природоохранных мероприятий.

Структура картографической и атрибутивной базы данных ГИС Кизеловского угольного бассейна разработана на основе бассейнового подхода, что позволяет использовать ГИС для оценки и прогноза экологического состояния в речных бассейнах различного иерархического уровня. Картографическая база данных включает в себя следующие основные структурные блоки:

• Картографическая основа в векторном (М 1:100 000) и растровом форматах с картами-врезками (М 1:25 000). В качестве растровой основы будет использована мозаика космических снимков SPOT 5/6 с детальностью 2,5 м.

• Цифровые модели рельефа (ЦМР) и границы водосборных бассейнов, выделенные по ЦМР SRTM-90, SRTM-Xband. Детальные цифровые модели рельефа породных отвалов и прилегающей к ним территории, которые будут использованы для определения направления стока с отвалов и выявления участков аккумуляции загрязняющих веществ (М 1:10 000).

• Данные об источниках загрязнения поверхностных и подземных вод (изливы шахтных вод, отвалы, загрязнённые родники). Атрибутивная информация об источниках загрязнения будет включать многолетние ряды наблюдений за изливами шахтных вод и родниками (расходы воды и химический состав), что позволит выявить тенденции изменения объёмов загрязняющих веществ, поступающих на водосборы рек (1995–2015 гг.).

• Пункты мониторинга за состоянием поверхностных вод. Атрибутивная информация будет включать многолетние ряды данных наблюдений за расходом воды и её химическим составом, а также донными отложениями на каждом пункте мониторинга. Это позволит впервые оценить влияние донных отложений как источника вторичного загрязнения.

• Зоны потенциального загрязнения пойм рек при затоплении, которые будут определены по космическим снимкам LANDSAT, полученным в период прохождения половодий редкой повторяемости.

• Участки аккумуляции загрязняющих веществ, на которых отмечаются нарушения растительного покрова вследствие закисления почвы или повышения концентрации ряда микроэлементов. Будут выявлены методами дешифрирования данных космической съёмки высокого разрешения и дополнены полевыми исследованиями.

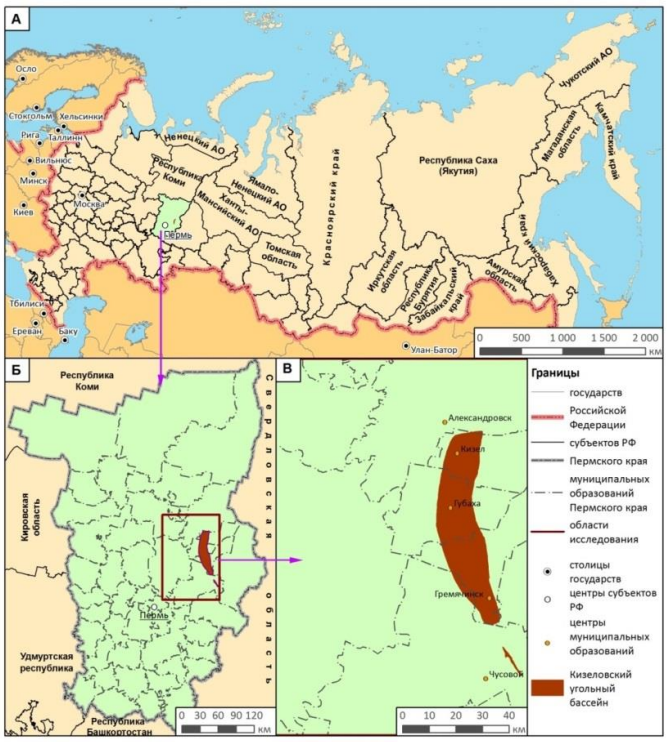


Рисунок 1. *Местоположение Кизеловского угольного бассейна*
*(*А *– Российская Федерация,* Б *– Пермский край,* В *– районы Пермского края)*
Figure 1. *Location of the Kizel coal basin*
*(*А *– Russian Federation,* Б *– Perm Region,* В *– municipalities of Perm Region)*

Рассмотрим некоторые возможные решения интегральной оценки экологической ситуации в районах с высокой техногенной нагрузкой на примере территории Кизеловского угольного бассейна (КУБ).

Кизеловский угольный бассейн расположен в восточной части Пермского края (рисунок 1). В административном отношении бассейн находится в пределах Кизеловского, Гремячинского и Чусовского муниципальных районов и Губахинского городского округа Пермского края (рисунок 2). В пределах границ бассейна находятся крупные населённые пункты (с севера на юг): п. Северный Коспашский, п. Шахта, г. Кизел, п. Центральный Коспашский, п. Рудничный, п. Южный Коспашский, п. Углеуральский, г. Губаха, п. Нагорнский, п. Юбилейный, п. Шумихинский, п. Усьва, г. Гремячинск, п. Скальный и ряд других. Однако негативное влияние КУБа на территорию Пермского края распространяется значительно дальше границ бассейна. Основную роль в этом играют реки, переносящие негативные вещества с различных типов источников загрязнения поверхностных вод в бассейне на большие расстояния.

Таблица 1. Сводная таблица точек наблюдения по бассейнам рек
Table 1. Summary table of observation points in river basins

Бассейн	**Скважины ГН**	**Скважины ВЗ**	**Родники**	**Изливы шахтных вод**	**Поверх-ностные воды**	**Стоки с породных отвалов**
Кама	-	-	-	-	4	-
Яйва	15	8	14	7	18	26
Косьва	11	1	7	7	5	6
Усьва (без Вильвы)	2		4	2	5	2
Вильва	2	1	2	1	5	4
Чусовая (без Усьвы)	1	2	1	-	2	1
Итого по бассейнам	31	12	28	17	39	41

Ликвидация шахт Кизеловского угольного бассейна в 90-е гг. XX в. не привела к снижению негативного воздействия на окружающую среду. В настоящее время основными источниками загрязнения поверхностных вод на данной территории являются изливы шахтных вод, загрязнённые родники и стоки с породных отвалов. Изливающиеся на поверхность шахтные воды имеют кислую реакцию среды и сульфатный состав. Они характеризуются чрезвычайно высокими концентрациями подвижных форм ряда микроэлементов, прежде всего катионов Fe, Al, Be и Mn. Их содержание в воде превышает ПДК зачастую более чем в 1000 раз (рисунок 3). Также шахтные воды отличаются высокими концентрациями ряда тяжёлых металлов.

В период 2007-2013 гг., в течение которого на реках, протекающих через территорию Кизеловского угольного бассейна, проводились наблюдения за химическим составом поверхностных вод, существенного снижения объёма поступления загрязняющих веществ в водные объекты не наблюдалось (рисунок 4). Концентрация загрязняющих веществ в наиболее загрязнённой р. Бол. Кизел и её притоках, протекающих через территорию КУБа, устойчиво превышает 100 ПДК, что соответствует критерию экстремально высокого загрязнения (рисунок 5). В период летней межени концентрация катионов железа в ряде малых рек (Полуденный Кизел, Бол. Кизел) превышает 1000 ПДК.

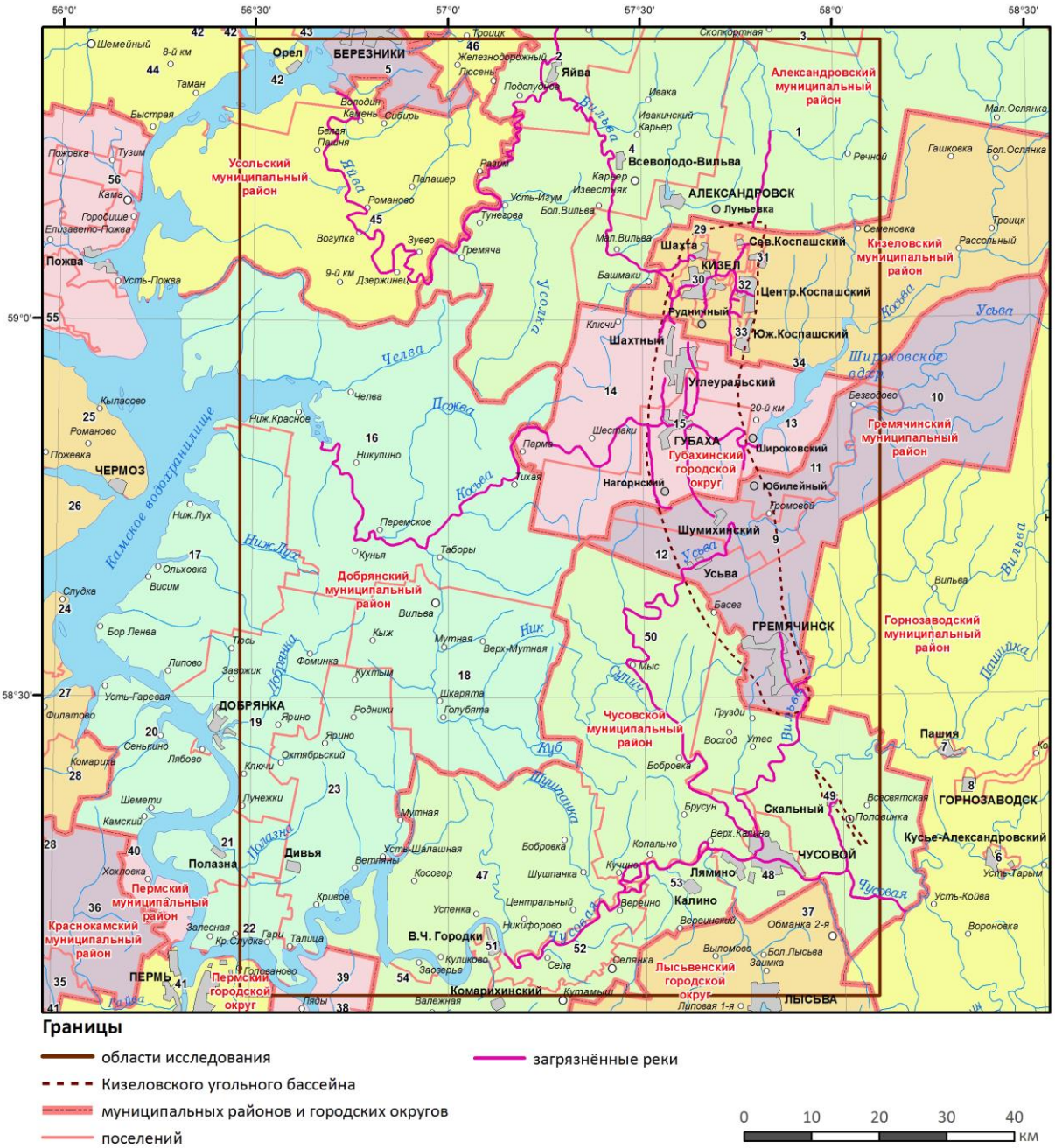


Рисунок 2. *Административное деление Пермского края в границах территории исследования*
Figure 2. *Administrative division of Perm Region within the study area*

Таблица 2. *Протяжённость загрязнённых рек Кизеловского угольного бассейна*
Table 2. *The length of contaminated rivers of the Kizel coal basin*

Наименование бассейна	Длина, км		Доля, %	Суммарная длина рек бассейна, км		
	главного водотока	загрязнённой части		всего	загрязнённых	загрязнённых стоками с отвалов
Яйва	303	138	45	4864	417	178
Косьва	307	103	33	4404	170	40
Усьва (без Вильвы)	272	93	34	2237	94	-
Вильва (приток Усьвы)	173	35	20	1851	48	10
Чусовая (без Усьвы)	307	74	13	7823	88	28

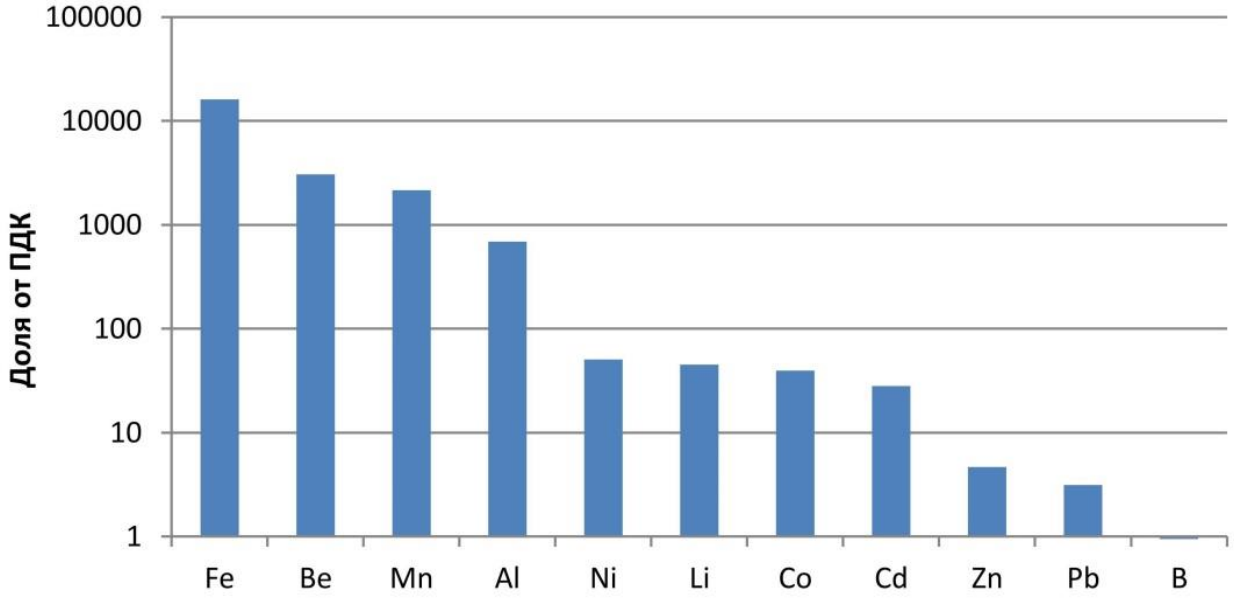


Рисунок 3. *Максимальные зафиксированные концентрации микроэлементов в воде шахтных самоизливов в пределах бассейна р. Кизел (в сравнении с ПДК)*
Figure 3. *The maximum recorded concentrations of trace elements in the mine water within the basin of the Kizel river (in comparison with maximum allowable concentration)*

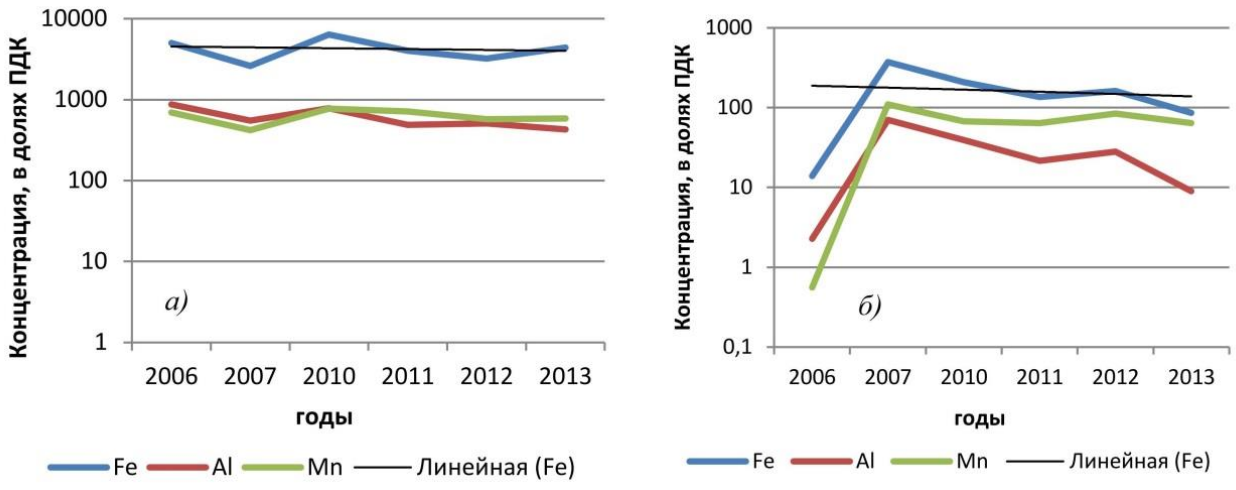


Рисунок 4. *Изменение максимальной концентрации загрязняющих веществ в водотоках в период 2007-2013 годы:*
а) р. Бол. Кизел; б) р. Северная Вильва
Figure 4. *Dynamics of the maximum concentration of pollutants in the streams in 2007-2013:*
а) – Big Kizel river; б) – Northern Vil'va river

Таблица 3. *Площади возможного затопления пойм рек на пике половодья*
Table 3. *Potential flooding area within the rivers floodplains at the peak of spring flood*

Участок реки	**Площадь затопления, га**
р. Косьва (от г. Губаха до устья)	770
р. Яйва от впадения левого притока р. Вильва до устья	2550
р. Вильва (приток Яйвы) от впадения притока р. Кизел до устья	917
р. Чусовая от впадения правого притока р. Усьва до начала Чусовского залива Камского вдхр	3475
р. Усьва от пос. Усьва до устья	1325
р. Вильва от впадения правого притока р. Большая Гремячая до устья	605
Итого	9642

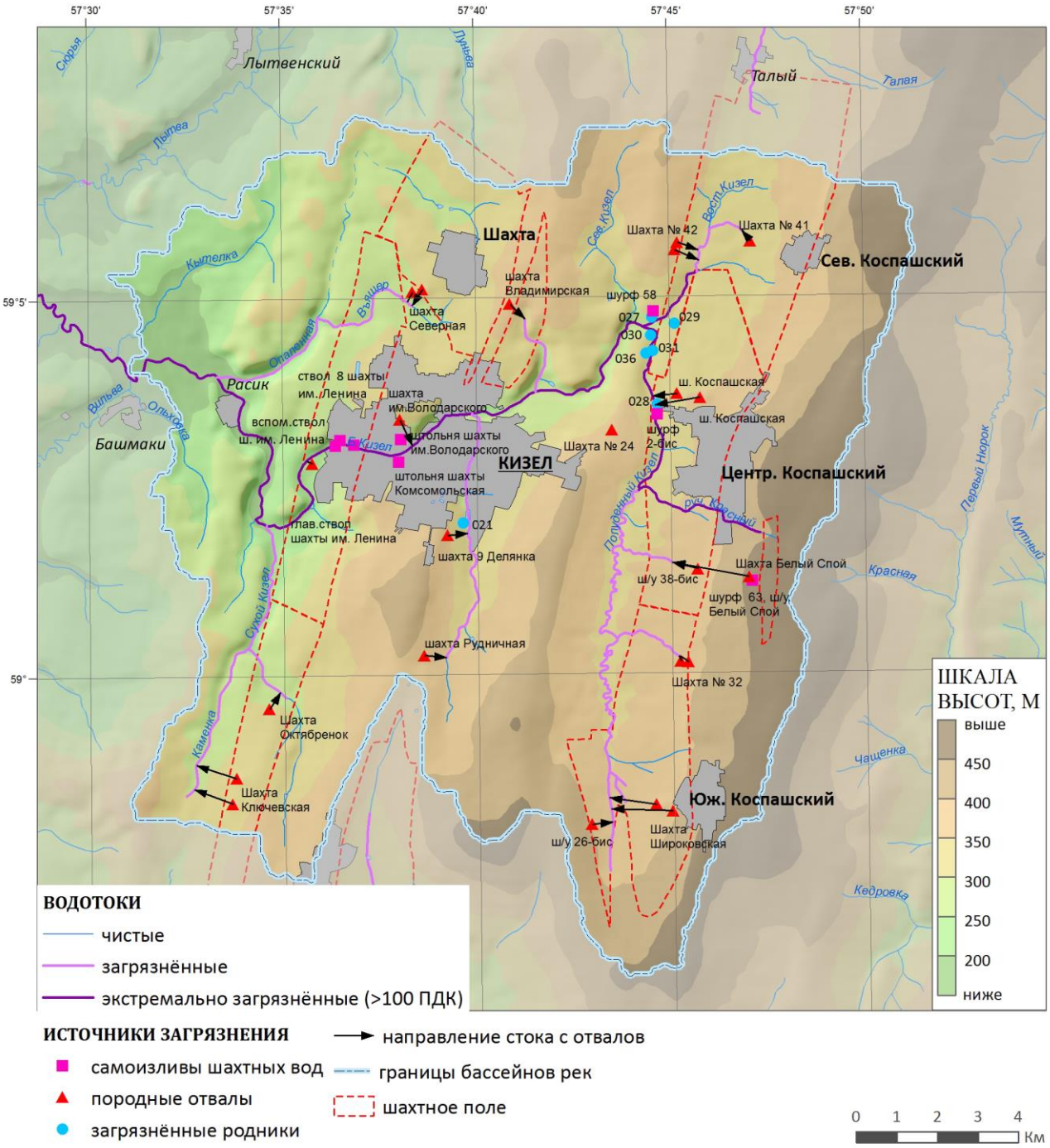


Рисунок 5. *Источники загрязнения поверхностных вод в бассейне р. Большой Кизел*
Figure 5. *Stream pollution sources within the Big Kizel river basin*

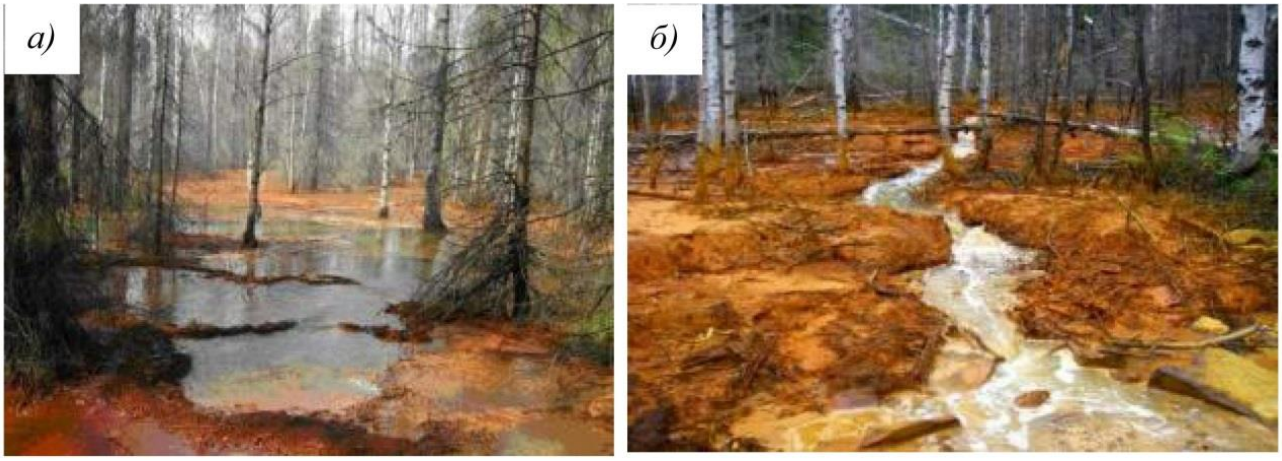


Рисунок 6. *Деградированные земли у загрязнённых родников вблизи слияния рек Полуденный Кизел и Восточный Кизел: а) родник 31; б) родник 29.*
Figure 6. *The disturbed lands around contaminated groundwater sources near the confluence of the Southern Kizel and Eastern Kizel streams a) the source 31; б) the source 29*

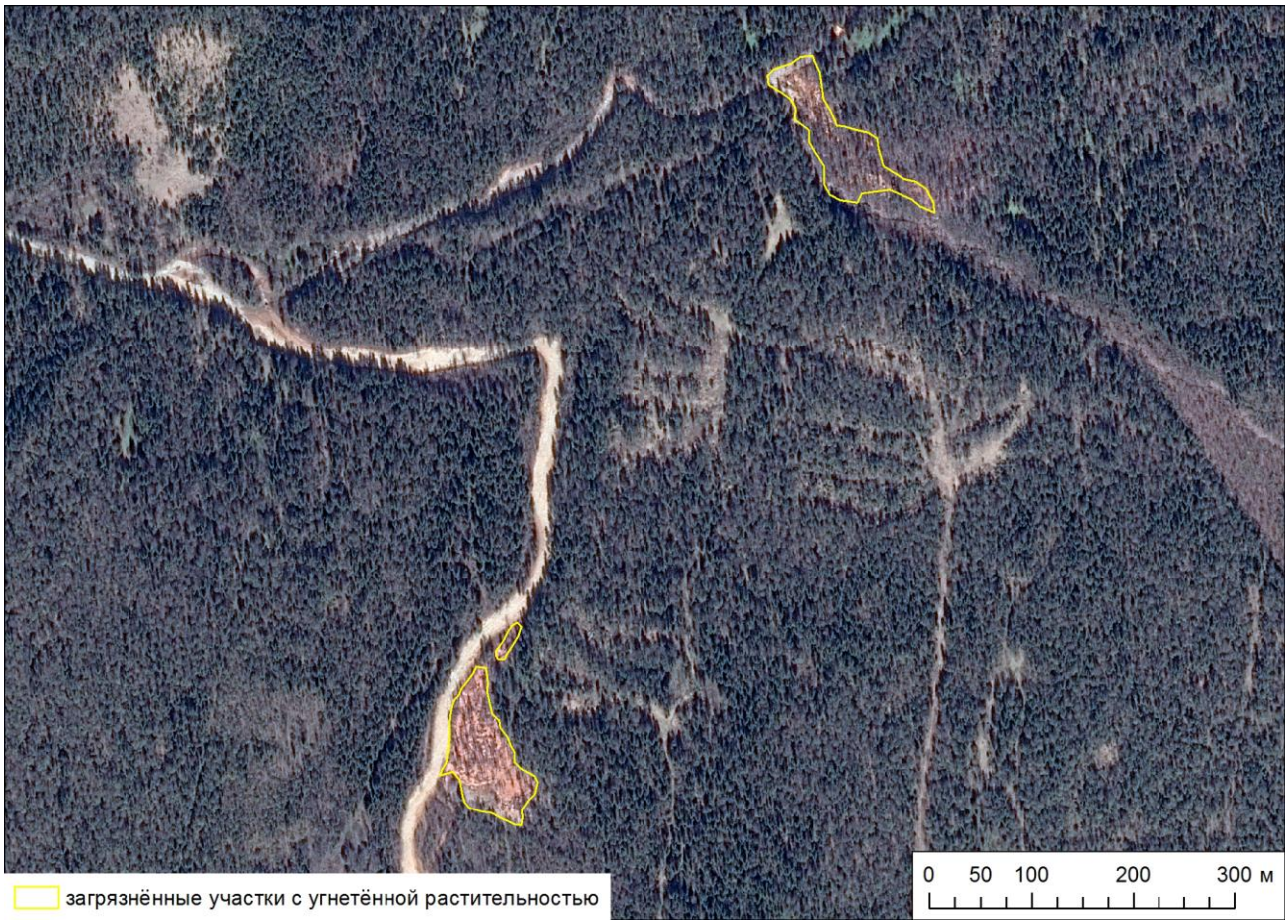


Рисунок 7. *Участки лесных насаждений погибших вследствие подтопления кислыми шахтными водами в долине р. Сев. Вильва*
Figure 7. *The forest stands dead due to flooding with acidic mine waters in the valley of the Northern Vil'va river*

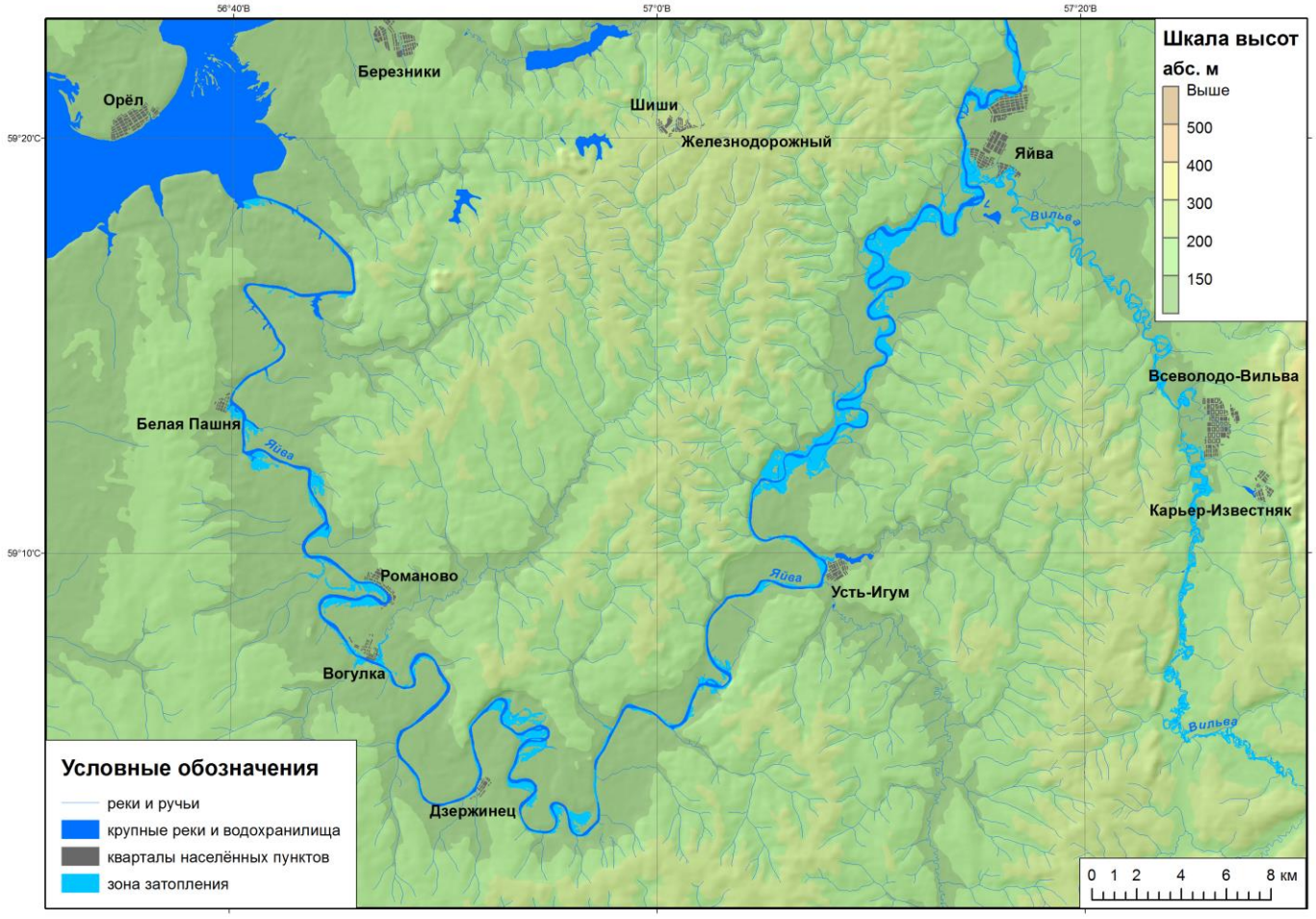


Рисунок 8. *Зоны затопления (потенциального загрязнения) в поймах рек Яйва и Северная Вильва*
Figure 8. *The flooding and potential contamination zones in the Yayva and Northern Vil'va rivers valleys*

Эксплуатация шахт повлекла за собой нарушение земель и загрязнение атмосферного воздуха, изменение режима поверхностных и подземных вод.. Для контроля за экологической обстановкой в бассейне был создан Уральский центр социально-экологического мониторинга углепромышленных территорий, который в настоящее время проводит контроль качества подземных и поверхностных вод, изливов шахтных вод и стоков с породных отвалов (таблица 1).

Расчёт ряда гидрографических характеристик по цифровым топографическим картам масштаба 1:100 000 показал значительное превышение протяжённости загрязнённой части водотоков в сравнении с ранее полученными оценками (таблица 2).

Тематическое дешифрирование данных космической съёмки и моделирование зон возможного затопления в поймах рек, находящихся под влиянием источников загрязнения КУБа показало, что площадь зоны негативного воздействия существенно больше, чем было принято считать ранее (рисунок 8). Общая площадь зоны негативного воздействия шахтных вод на прибрежную растительность достигает 9642 га. Такая оценка была получена по максимальной площади затопления пойм на пике половодья (определённой на основе снимка LANDSAT за 23.05.1998) (таблица 3). На наиболее загрязнённых участках пойм рек наблюдается частичное или полное усыхание древесной растительности (рисунки 6, 7).

Оценка количества и объёма породных отвалов, находящихся на территории исследования, приведена в таблице 4.

Таблица 4. *Сводная таблица породных отвалов по бассейнам рек*
Table 4. *Summary table of waste rock dumps in river basins*

Бассейн	**Количество породных отвалов**	**Объём, тыс.м.куб.**
Яйва	26	13032
Косьва	6	4024
Усьва (без Ю.Вильвы)	2	1765
Ю.Вильва	4	2837
Чусовая (без Усьвы)	1	63
Итого	41	21721

ВЫВОДЫ

Современные тематические ГИС включают в себя спектр развитых функциональных возможностей, направленных на решение широкого класса задач, в связи с чем необходимо выделить и адаптировать только те, которые необходимы при организации экологического мониторинга, оценки и прогнозирования негативных последствий техногенного воздействия в районах с критической техногенной нагрузкой. В частности, интеграцию тематических данных и данных ДЗЗ, организацию хранения и визуализацию многолетних статистик каждого пункта наблюдений (изливы, родники, ручьи и т.д.) и в целом речных бассейнов в виде различных диаграмм, с учётом и без учёта сезонной динамики, выделить типовые методы анализа пространственного распределения загрязняющих веществ. Всё это позволит получить и интерпретировать в наглядной форме объективные результаты изменении объёмов поступления и концентраций загрязняющих веществ в водные объекты.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование проводится за счёт гранта Российского фонда фундаментальных исследований и РГО (проект № 17-0541114).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bian Z., Lu Q.* Ecological effects analysis of land use change in coal mining area based on ecosystem service valuing: A case study in Jiawang // Environmental Earth Sciences, 2013. – Vol. 8. – Pp. 1619–1630.
2. *Hu Z., Yang G., Xiao W., Li J., Yang Y., Yu Y.* Farmland damage and its impact on the overlapped areas of cropland and coal resources in the eastern plains of China // Resources, Conservation and Recycling, 2014. – Pp. 1–8.
3. *Maximovich N., Khayrulina E.* Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region // Environmental Earth Sciences, 2014. – Vol. 72. – Pp. 1915–1924.
4. *Naydyonova V., Roumenina E*. Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies // Central European Journal of Geosciences, 2009. – Pp. 318–339.
5. *Yu X.-X., Lü W.-C., Yang X., Zhu Y.-Z., Jiang F.-W., Huang H., Hang Y.-F*. Research on the automatic monitoring system for coal mining subsidence // Applied Mechanics and Materials, 2014. – Vol. 644–650. – Pp. 1355–1360.

Sergey V. Pyankov[1], Nicolay G. Maximovich[2], Elena A. Khairulina[3], Andrey N. Shikhov[4], Rinat K. Abdullin[5]

GIS-BASED EVALUATION AND PREDICTION OF ECOLOGICAL SITUATION IN THE COAL MINING AREAS WITH A CRITICAL TECHNOGENIC IMPACT

ABSTRACT

The paper highlights the features of the creation of the basin GIS, developed to support the environmental monitoring, assessment and forecasting of negative consequences in the areas of technogenic disaster (on the example of abandoned Kizel coal basin, located in Perm Region, Russia). The world experience of applying GIS-technologies for solving environmental problems of coal-mining regions is also being discussed. The information basis and structure of the cartographic and attributive database of the Kizel coal basin GIS are presented. The main tasks of creating the GIS, including inventory of man-made impact sources, identification of the spatio-temporal distribution patterns of pollutants, quantification and mapping of the territory ecological status, forecasting of the environmental situation and planning of environmental measures have been identified. A system of spatial criteria for the integrated assessment of the territory ecological status within coal basins is proposed, which will allow monitoring of environmental changes and identifying areas with the critical environmental situation. These criteria include the pH value and the sulfates concentration in the streams, the complex of heavy metals, the species composition of microorganisms in surface waters, the area of degraded land and dead forest stands. The degree of negative impact of the abandoned coal mines on streams and groundwater is described, and the priority pollutants are identified.

The estimates of the extent of contaminated streams, as well as areas of potential contamination of floodplain lands have been obtained using LANDSAT satellite imagery data. The significance of the creation of the algorithms for the integration of heterogeneous spatial information (ground-based and remote sensing observations) for compiling synthetic maps that objectively estimate the ecological situation has been noted.

KEYWORDS:

GIS-technologies, thematic interpretation of the Earth remote sensing data, mathematical-cartographic modeling, areas of ecological disaster, synthetic maps

REFERENCES

1. Bian Z., Lu Q. Ecological effects analysis of land use change in coal mining area based on ecosystem service valuing: A case study in Jiawang, Environmental Earth Sciences, 2013, Vol. 8, pp. 1619–1630.
2. Hu Z., Yang G., Xiao W., Li J., Yang Y., Yu Y. Farmland damage and its impact on the overlapped areas of cropland and coal resources in the eastern plains of China, Resources, Conservation and Recycling, 2014, pp. 1–8.

[1] Perm State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics; Perm, Genkel st, 8, 614990, Russia; *e-mail:* pyankovsv@gmail.com
[2] The Natural Science Institute of Perm State University, Laboratory of Geology of Technogenic Processes; Perm, Genkel st, 4, 614990, Russia; *e-mail:* nmax54@gmail.com
[3] The Natural Science Institute of Perm State University, Laboratory of Geology of Technogenic Processes; Perm, Genkel st, 4, 614990, Russia, *e-mail:* elenakhay@gmail.com
[4] Perm State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics; Perm, Genkel st, 8, 614990, Russia, *e-mail:* and3131@inbox.ru
[5] Perm State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics; Perm, Genkel st, 8, 614990, Russia, *e-mail:* rinaha-26@mail.ru

3. Maximovich N., Khayrulina E. Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region, Environmental Earth Sciences, 2014, Vol. 72, pp. 1915–1924.
4. Naydyonova V., Roumenina E. Monitoring the mining effect at drainage basin level using geoinformation technologies, Central European Journal of Geosciences, 2009, pp. 318–339.
5. Yu X.-X., Lü W.-C., Yang X., Zhu Y.-Z., Jiang F.-W., Huang H., Hang Y.-F. Research on the automatic monitoring system for coal mining subsidence, Applied Mechanics and Materials, 2014, Vol. 644–650, pp. 1355–1360.

УДК 551.4 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-167-178

И.С. Воскресенский[1], **А.А. Сучилин**[2]

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ЭКОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО УСЛОВИЯМ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В АЗИАТСКО-ТИХООКЕАНСКОМ РЕГИОНЕ

АННОТАЦИЯ

В работе рассматривается опыт применения геоинформационных систем (ГИС) для локального геоморфологического районирования. В пределах трасс магистральных трубопроводов (МТП) в ходе строительства изменяется морфология рельефа и поверхностный чехол рыхлых новейших отложений. В результате возникают или активизируются опасные рельефообразующие процессы. Региональные оценки геоморфологического фактора риска природопользования, могут быть оптимизированы на основании выделения индивидуальных особенностей рельефа территорий трасс в среде ГИС при геоморфологическом районировании. Рассматривается участок трассы МТП ВСТО в пределах Амурской области РФ. ГИС используются как основной методический приём для локального эколого-геоморфологического районирования по условиям развития опасных геоморфологических процессов. Необходимость локального эколого-геоморфологического районирования связана с установленными к настоящему времени фактами активизации действующих или вновь возникающих экзогенных рельефообразующих процессов. Они могут иметь последствия в виде возникновения аварийных ситуаций. Например, при пересечении трассой долин малых рек возникает парагенез экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП) в виде «оползания – оврагообразования и боковой эрозии» или активизации процесса «дефлюкции – массового смещения склоновых отложений» на пологих склонах на участках их перегибов. Таким образом, применение ГИС для выделения локальных эколого-геоморфологических участков трасс МТП с определяющими условиями развития опасных ЭРП позволит повысить эффективность прогноза изменения рельефа и ландшафтов в целом. Предлагаемая эмпирическая методика анализа «локального эколого-геоморфологического районирования» была разработана и применена для магистральных трубопроводов России. Приводятся примеры отдельных участков МТП ВСТО в пределах Амуро-Зейской равнины, которая занимает обширную часть бассейна р. Амур на юге Дальнего Востока России. Территория обладает «сложным», с точки зрения морфологии, равнинным, сопочным и низкогорным (в обрамлении) рельефом флювиально-денудационного (склонового) происхождения с фрагментами древних долин, с участками распространения карстовых и мерзлотных форм.

---

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* isvoskresensky@rambler.ru
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* asuhov308@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геоинформационная система (ГИС), эколого-геоморфологическое районирование, опасные экзогенные рельефообразующие процессы, магистральный трубопровод нефти и газа

ВВЕДЕНИЕ

Российские магистральные трубопроводы (МТП) выполняют в Азиатско-Тихоокеанском регионе важную транспортно-экономическую задачу по переброске нефти и газа из сибирских районов добычи потребителям. На территории Дальнего Востока Российской Федерации они пересекают геоморфологические провинции, области и районы с различной эколого-геоморфологической обстановкой [Кружалин, 2001], определяемой различными геоморфологическими условиями протекания экзогенных рельефообразующих процессов [Геоморфологическое районирование, 1980]. Развитие опасных экзогенных геоморфологических процессов определяют риск природопользования трасс МТП [Кузьмин, 2009]. Сложные технические системы магистральных трубопроводов достигают длины более тысячи километров. Они включают линейные части и площадные объекты различного назначения. В пределах трасс МТП в ходе строительства изменяются геоморфологические условия протекания рельефообразующих процессов. К ним относятся, прежде всего, морфология рельефа и поверхностный чехол рыхлых новейших отложений. В результате возникают или активизируются опасные рельефообразующие процессы. Региональные оценки геоморфологического фактора риска природопользования может быть оптимизирована при геоморфологическом районировании. Эта операция производится на основании индивидуальных особенностей рельефа территорий трасс с применением геоинформационного анализа [Воскресенский, Сучилин, 2016]. В данной работе рассматривается опыт применения ГИС для уровня локального геоморфологического районирования. Рассматривается участок трассой МТП ВСТО в пределах Амурской области РФ.

Цель предпринятого исследования – разработать содержание ГИС для локального эколого-геоморфологического районирования трасс магистральных трубопроводов по геоморфологическим условиям протекания экзогенных рельефообразующих процессов разной категории опасности. Соответственно, задачи конкретизируются следующим образом: определить подходы, содержание методических приёмов ГИС-технологии для эколого-геоморфологического районирования линейных частей магистральных трубопроводов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы данного исследования определены сложным сочетанием и изменчивостью факторов эколого-геоморфологического районирования по протяжённой трассе трубопровода [Воскресенский, Сучилин, 2016].

ГИС используются как основной методический приём для локального эколого-геоморфологического районирования по условиям развития опасных геоморфологических процессов. При этом границы участков соответствуют современным морфологическим границам между формами рельефа Амуро-Зейской равнины: долиной реки, включая комплекс террас и террасоувалов, приводораздельными вершинными поверхностями междуречий и склонов их разделяющих. Такое подразделение позволяет учесть условия и пространственное распространение относительно форм рельефа отдельных рельефообразующих процессов разного класса опасности или их парагенезов.

Необходимость ГИС при эколого-геоморфологическом районировании по фактору «геоморфологические условия проявления экзогенных рельефообразующих процессов» связана с активизацией или возникновением вновь экзогенных рельефообразующих процессов, в том числе и опасных. Они могут иметь последствия в виде возникновения аварийных ситу-

аций. Например, при пересечении трассой долин малых рек возникает парагенез экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП) «оползание–оврагообразование-боковая эрозия» или «дефлюкции» (массовое смещение склоновых отложений) на склонах с углами наклона 3-25 град.

Таким образом, применение ГИС для районирования трасс магистральных трубопроводов с геоморфологическими условиями возникновения или активизации «опасных ЭРП» позволит повысить эффективность локального эколого-геоморфологического районирования на уровне «эколого-геоморфологический район – эколого-геоморфологический участок» и оптимизировать предложения по выбору мер инженерной защиты трасс магистральных трубопроводов. Геоморфологическая часть методики разрабатывалась при анализе рельефа регионов Европейской территории, Сибири и Дальнего Востока России.

Методика применения ГИС в целях локального эколого-геоморфологическое районирование для выделения «эколого-геоморфологических участков» (ЭГУ) в пределах эколого-геоморфологических районов основывается на принципе «скользящей шкалы» – «скользящего сочетания всей системы факторов рельефообразования» [Воскресенский, Сучилин, 2016]. Основными факторами для выделения «эколого-геоморфологических районов» согласно геоморфологическому районированию, являются свойства горных коренных и рыхлых пород, тип рельефообразующих процессов и их интенсивность. Дополнительным фактором, позволяющим разделить «район» на ЭГУ служит морфология форм рельефа, влияющая на динамику современных экзогенных рельефообразующих процессов, возникающих вновь или активизирующихся при создании инженерно-геоморфологической системы магистрального трубопровода.

Последовательность ГИС-операций при эколого-геоморфологическом районировании по условиям экзогенных рельефообразующих процессов.

Сбор информации – этап аккумуляции и хранения в базе данных (БД) ГИС сведений о геоморфологическом строении исследуемой территории, с последующим районированием и выделением «геоморфологической основы» эколого-геоморфологических районов.

Определение содержания информационной таблицы.

Таблица данных включает три группы геоморфологических сведений:

- первая группа включает данные для каждого геоморфологического района: морфология междуречий, склонов и долин, пересекаемых трассой трубопровода;
- вторая группа – тектонические, литологические свойства пород, участвующих в строении рельефа. Вторая группа сведений содержит характеристики о происхождении горных пород, о параметрах многолетнемёрзлых пород (распространение, мощности и температуры и т.п.) и сейсмогрунтовых условиях (состав грунтов, их обводнённость и т.п.), о распространении по трассе трубопровода геоморфологических условий для протекания современных экзогенных рельефообразующих процессов;
- третья группа – включает оценочная характеристика эколого-геоморфологических условий отрезка трассы трубопровода: виды (гравитационные, водные, карстовые и т.п.) экзогенных рельефообразующих процессов по четырём градациям их опасности: катастрофическая, весьма опасная, опасная и умеренно опасная [Кузьмин, 2009].

Обработка данных об эколого-геоморфологических условиях территории и экзогенных рельефообразующих процессах.

Разработка методики и её опробование проводились для участка магистрального трубопровода Восточная Сибирь – Тихий Океан, пересекающего южную часть Амуро-Зейской равнины в бассейне р. Амур на юге Дальнего Востока России. Геоморфологическое районирование рассматриваемой территории следующее: трубопровод проходит в пределах южной части Амуро-Зейской геоморфологической области, входящей в состав Приамурской геоморфологической провинции. Рельеф Амуро-Зейской (или Амуро-Буреинской) равнины ха-

рактеризуется чередованием с различной морфологией равнинных, сопочных и низкогорных участков, что во многом определяет изменчивость геоморфологических условий для протекания естественных рельефообразующих экзогенных процессов. Различия в морфологии подчёркиваются генезисом форм рельефа, которые в основном имеют флювиальное и денудационное (склоновое) происхождения. Геоморфологическая обстановка усложняется наличием многочисленных фрагментов древних долин позднекайнозойского возраста, сложенных рыхлыми горными породами. Своеобразие геоморфологическим условиям протекания современных рельефообразующих процессов различной категории опасности придают участки распространения карстующихся коренных пород многолетнемёрзлые породы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экзогенные рельефообразующие процессы и их приуроченность к формам рельефа по трассе трубопровода.

Трасса магистрального трубопровода пересекает Амуро-Зейской равнину, обладающую различными морфологическими условиями протекания экзогенных геоморфологических рельефообразующих процессов. По мнению ряда исследователей, их разнообразие и активность определяется параметрами «пласта эрозии», его мощностью (или относительными превышениями) и формой поперечного профиля долины от водораздела до водораздела.

В пределах трассы распространены проявления криогенных и некриогенных экзогенных рельефообразующих процессов (ЭРП). Криогенные ЭРП. Они представлены массовым смещением рыхлого склонового материала на наклонных поверхностях приводораздельных вершинных поверхностей междуречий и бортах долин с развитием процессов конжелифлюкции, термокарста, наледеобразования, сезонного пучения.

Термокарст проявляется в виде образования блюдцеобразных западин диаметром до 2 м и относительной глубиной 0,3-1,6 м. Как правило, термокарст протекает на фрагментах пойм, сложенных аллювиальными суглинистыми и оторфованными отложениями. Наледи распространены на западном участке трассы. Русловые и склоновые наледи приурочены к поймам долин и пологим склонам, сложенным торфянистыми и глинистыми аллювиально-склоновыми отложениями. Мощность наледей достигает 0,3-1,6 м. Сезонное и многолетнее пучение проявляется в виде образования «бугров пучения» диаметром ото 2,5 м и до 6,0 м и отн. выс. до 0,7 м до 1,5 м, соответственно. «Конжелифлюкция» – склоновый процесс протекает на наклонных поверхностях с углами наклона поверхности более 8° при наличии многолетнемёрзлых пород. Медленное смещение склоновых грунтов охватывает 0,5-2,0 м поверхностного чехла отложений. Скорость смещения достигает 0,02 мм/в год. Региональной разновидностью «конжелифлюкции» являются «грунтовые потоки» в пределах «ложбинообразных понижений» на склонах или в верховьях долин 1 порядка. Некриогенные экзогенные рельефообразующие процессы связаны с перемещением грунтовых масс под действием силы тяжести или водных потоков. Обвалы грунта происходят на крутых береговых уступах поймы или террас. По объёму перемещаемого материала они относятся к «мелким», а по частоте проявления – к «редким». Оползанию подвергаются «блоки» коренных скальных и рыхлых пород длиной (в естественных условиях) до первых сотен метров. Участки формирования «блоковых» оползней приурочены к крутым увлажняемым склонам долин. Активизация процессов возможна при землетрясениях даже незначительной магнитуды. Массовое смещение на склонах по типу дефлюкции. Процесс происходит на всех без исключения поверхностях с углами наклона более 3 град. Смещение со скоростью 0,01 см/год охватывает слой мощностью 0,5-2,0 м. Процесс донной и боковой эрозии (и аккумуляции) постоянных водотоков распространён повсеместно и протекает активно. Эрозия выражается в формировании участков углубления русел и размыва берегов длиной в десятки и сотни метров со скоростью в несколько метров за период прохождения руслоформирующих расходов в периоды половодья или паводка. Разрушению подвергаются современные русла больших и малых рек, склоны пойм, террас или коренных бортов долин. Оврагообразование и эрозия временных

водотоков интенсивно развивается на безлесных пространствах на юге Амурско-Зейской равнины. В естественных условиях оврагообразование развито, главным образом, на склонах долин и междуречий, сложенных песчано-алевритовыми отложениями. Современные овраги достигают длины 100-450 м при глубине 0,7-5,0 м.

Затоплению подвергаются поймы рек при прохождении половодных и паводковых расходов. Величина подъёма уровня рек (с площадью бассейна до 100 кв. км) составляет 3-4 м. Подтоплению подвергаются поймы рек притоков рр. Зея и Бурея, а также пролювиальные шлейфы у подножья склонов террас и междуречий.

Заболачиванию подвержены междуречья, склонов и днищ долин разного порядка и пролювиальные шлейфы. Суммарная длина болот и заболоченных участков на юге Амуро-Зейской равнины не превышает 3% длины трассы. Мощность торфа в болотах достигает 0,3–1,0 м. Обводнение распространено широко и появляется в виде повышенной увлажнённости грунтов и выходы на поверхность грунтовых вод. Участки обводнения достигают длины 30–200 м. Просадочные явления проявляются на участках длиной 30–500 м в виде блюдцеообразных понижений дневной поверхности. Оно приурочено к участкам распространения глинистых и супесчаных грунтов. Поражённость экзогенными рельефообразующими процессами различных категорий опасности достигает 10 % и на отдельных участках до 10–30 %. При этом наибольшее распространение имеет «категория опасности» «умеренно-опасная» и на отдельных отрезках трассы магистрального трубопровода – «весьма опасная».

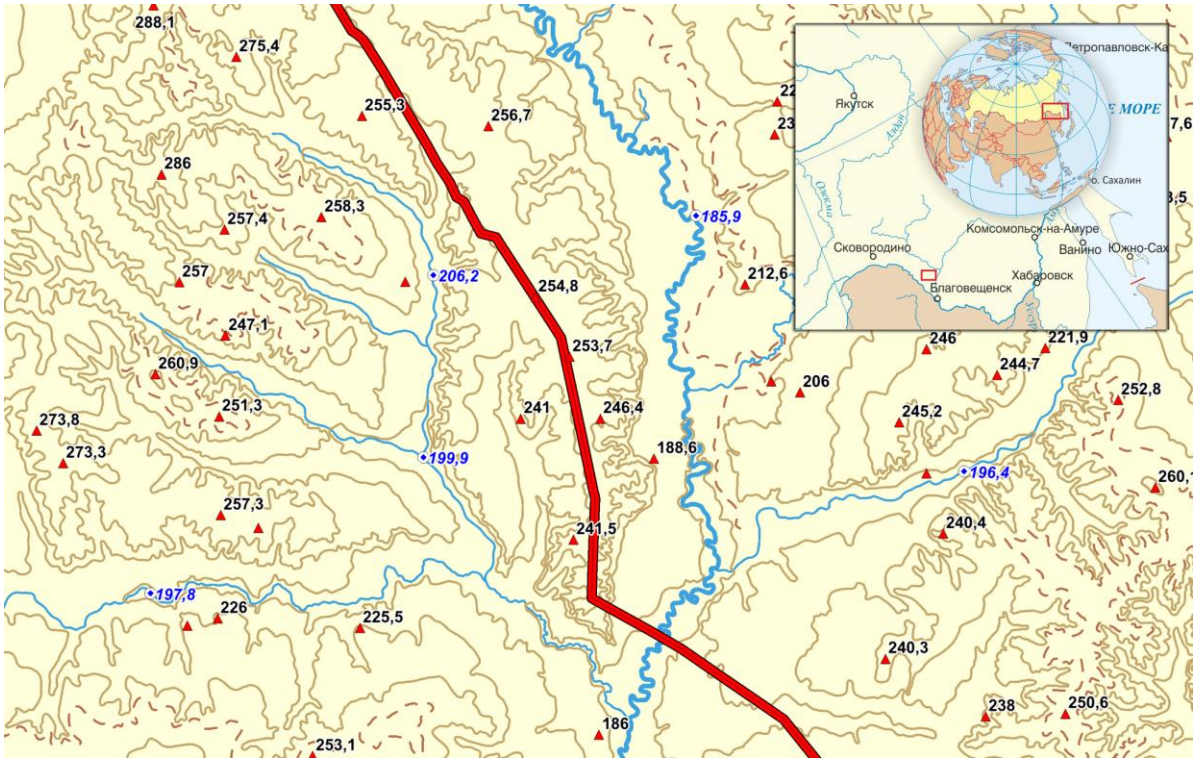


Рисунок 1. *Фрагмент карты рельефа, гидрографии и линии газопровода*
Figure 1. *Fragment of the map of relief, hydrography and gas pipeline*

Основные черты морфологии рельефа трассы как условия развития экзогенных рельефообразующих процессов

На всём протяжении на Амуро-Зейской равнине трасса магистрального трубопровода неоднократно пересекает формы рельефа с различной морфологией, и, соответственно, различными условиями протекания современных рельефообразующих процессов. Эти участки расположены в пределах гряд и холмов на приводораздельных вершинных поверхностях

междуречий. На склонах междуречий распространены «структурные» поверхности коренных пород различной денудационной устойчивостью.

В пределах западного эколого-геоморфологического района магистральный трубопровод занимает отрезок длиной 82 км. Это территория холмогорий с расчленённым (до 100–150 м) эрозионно-денудационным типом рельефа. Относительная глубина долин достигает 100–150 м, что способствует разнообразным и активным склоновым гравитационным процессам (осыпи, оползни, курумы) на слонах с углами наклона 5–25 град. При этом в долинах на выпукло-вогнутых склонах преобладает процесс массового медленного смещения рыхлого материала (дефлюкция и её разновидности).

Второй эколого-геоморфологический район включает отрезок трассы длиной около 300 км (усл. на схемах 2875-3167 км) в пределах центральной части пологоволнистой расчлененной Амуро-Зейской равнины. Относительные высоты не составляют 20–50 м. Густота расчленения не превышает 1 км^2. Междуречья имеют пологоволнистый облик. Трасса пересекает выпукло-вогнутые склоны междуречий и долин более крутые в верхней части и пологие, опирающиеся на пойму или террасы. Широкое распространение имеют на склонах междуречий ложбины 1–3 порядка временных водотоков.

Трасса трубопровода в пределах третьего эколого-геоморфологического района имеет протяжённость до 350 км (усл. на схемах 3167–3517 км). Она проходит в восточной части Амуро-Зейской равнины. Рельеф в пределах этой части трассы носит характерные черты холмисто-грядовой расчленённой равнины. Равнина холмисто-грядовая. Относительные высоты не превышают до 60. Густота расчленения около 1 км/ кв. км. Господство вогнутых пологих склонов междуречий и долин, выработанных в уплотнённых песчаных толщах, определяет господство медленных склоновых процессов, наряду с эрозией временных водотоков.

Так, например, участок газопровода «Сковородино – р. Зея» (3094–3114 км) расположен в Свободненском районе Амурской области в пределах Амуро-Зейской равнины и пересекает речку Большая Пера, приток р.Зеи (рисунок 1).

На исследуемую территорию в заданной системе координат сформирован базовый набор векторных слоёв ГИС (рельеф, гидрография, высотные отметки...), представляющий топографическую основу прохождения трассы ВСТО. Также, к дополнению к базовому набору, сформированы имеющиеся тематические слои (геолого-геоморфологический, тектонический, климатический…), необходимые для дальнейшего анализа территории.

Согласно тектоническому районированию, трасса газопровода находится в области мезо-кайнозойской Амуро-Зейской впадины, в которой отсутствуют крупные разломы в земной коре. Интенсивность землетрясений 5 и менее баллов (по 12-балльной шкале сейсмичности Медведева, MSK-64). С поверхности территория сложена плиоцен-нижнечетвертичными аллювиально-озёрными отложениями. Преобладающими типами рельефа, созданными в новейший этап глыбовых подвижек и общего поднятия, являются аллювиально-озёрные аккумулятивные равнины, а также морфоскульптуры долин с комплексом террас. Среднегодовая температура января -28С°, июля +20С°. Продолжительность залегания снежного покрова 160 дней. На участке отсутствуют многолетнемёрзлые горные породы. Почвенный покров представлен бурыми лесными почвами, растительность – сосново-дубово-берёзовыми лесами. Территориальный ландшафт участка – устойчивый.

Для получения дополнительных морфометрических характеристик территории прохождения магистрального трубопровода, по значениям горизонталей и отдельных отметок высот (включая отметки урезы воды), методом триангуляции, была рассчитана регулярная цифровая модель рельефа (ЦМР), шагом 50 метров по соответствующим осям, что составило 181560 узлов модели (340*534). На основании ЦМР была составлена карта аналитической отмывки рельефа, а также рассчитаны углы наклона на всей территории исследований, включая прилегающие участки к линии прохождения трассы газопровода (рисунки 2-3).

С использованием стандартных функций ГИС была рассчитана 2-х километровая буферная зона вдоль оси прохождения магистрального газопровода, по 1 км с обеих сторон

трассы. С помощью оверлейных операций ГИС в автоматическом режиме было проведено районирование буферной зоны и определение (формирование) границ участков по условиям опасных геоморфологических процессов (рисунок 4).

По результатам районирования в среде ГИС выделено 11 участков с разной степенью сложности: 3 умеренно опасных, 6 опасных и 2 весьма опасных:

Умеренно опасные

Участки I,V и X, представлены хорошо дренированными поверхностями аллювиальных и озёрно-аллювиальных террас и равнин. При прокладке газопровода опасных процессов не ожидается. При транспорте продукта по газопроводу в период отрицательной температуры окружающей среды, следует учитывать возможное пучение грунтов.

Опасные

Участки II и IV представлены хорошо дренированной поверхностью аллювиальных и озёрно-аллювиальных террас и равнин. В пределах этого ареала наблюдаются пологие склоны, на которых в естественных условиях склоновые процессы не развиты. При антропогенном воздействии возможно развитие эрозийных процессов вдоль траншеи, обводнение траншеи.

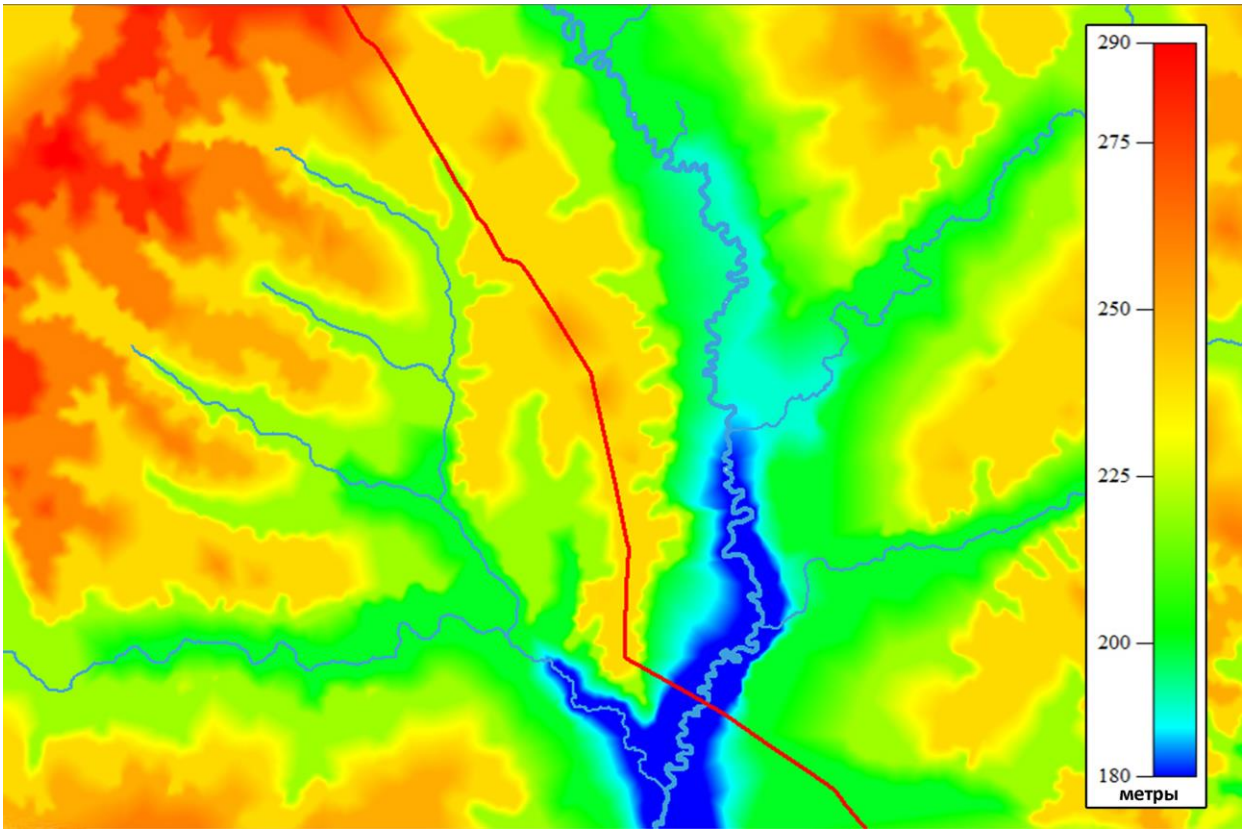


Рисунок 2. *Карта аналитической отмывки рельефа, составленная по ЦМР*
Figure 2. *The map of analytical relief washing composed by DEM*

В границах III участка расположена балка; территория представляет собой пологие склоны равнин. Склоновые процессы при нарушении естественных условий могут активизироваться, а площадь их развития расшириться. При определённых условиях возможно развитие овражной эрозии.

В IX участке преобладают преимущественно пологие склоны террас, однако имеются как участки склонов средней крутизны, так и плоские участки поверхностей.

В пределах VIII участка газопровод пересекает р. Большая Пера. Территория представляет собой пойму реки с прогнозируемым затоплением менее 2 м, также большое распространение получили старицы. При эксплуатации газопровода возможно образование техногенных наледей, обводнение траншей, всплытие трубы газопровода и нарушение поверхностного стока. Управление процессами возможно при применении стандартных инженерных мероприятий.

Весьма опасные

VII участок расположен на крутых и средней крутизны склонах. При нарушении естественных условий активизируются также склоновые процессов, как солифлюкция, овражная эрозия, плоскостной смыв, оползни.

В XI участке трасса проходит через падь Болотникова, где на склонах средней крутизны возможна активизация склоновых процессов.

Управление процессами возможно при принятии как стандартных защитных мероприятий, специфических для каждого процесса, так и сложных инженерных решений, учитывающих экологическую защиту территории от развития опасных процессов в местах прохождения трассы газопровода вблизи населённых пунктов, промышленных и сельскохозяйственных объектов.

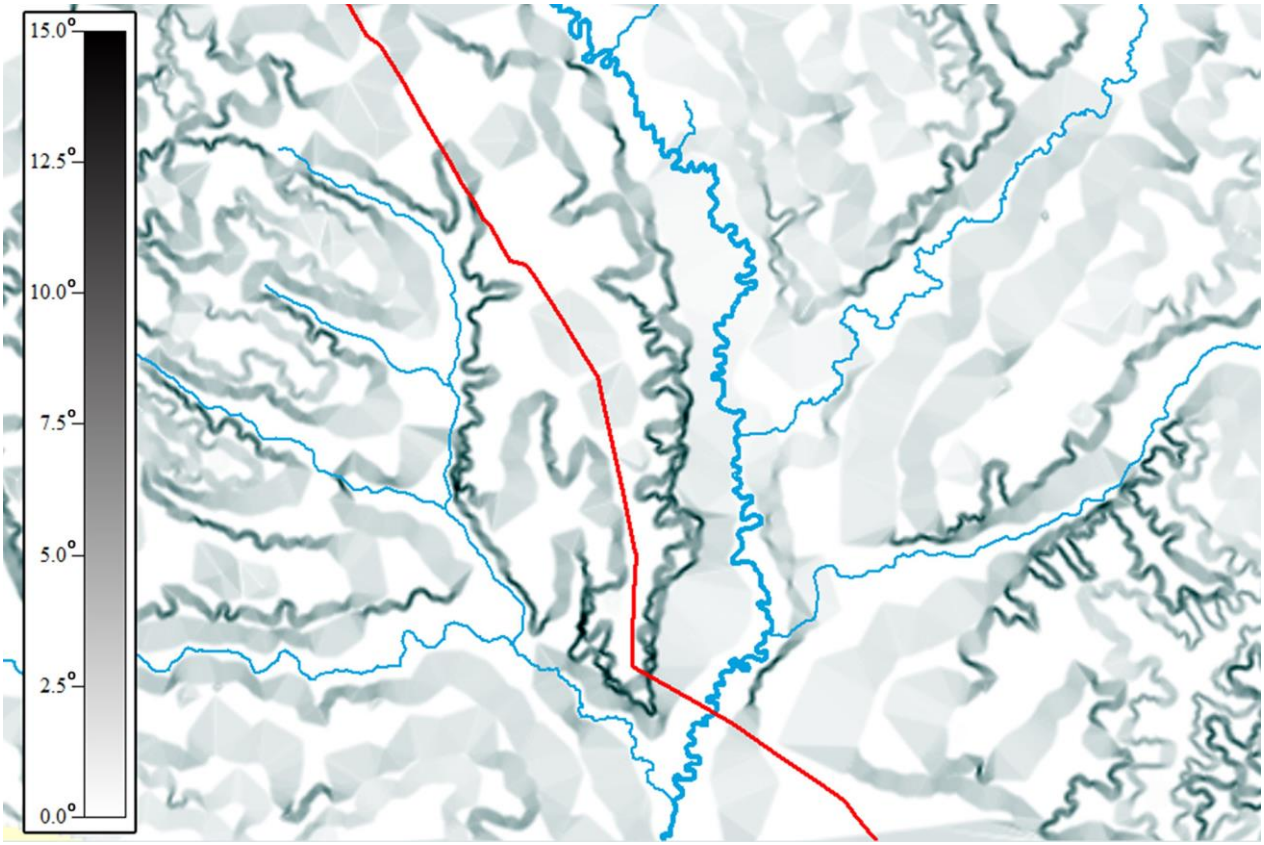


Рисунок 3. *Карта углов наклона, составленная по ЦМР*
Figure 3. *Map of slope angles composed by DEM*

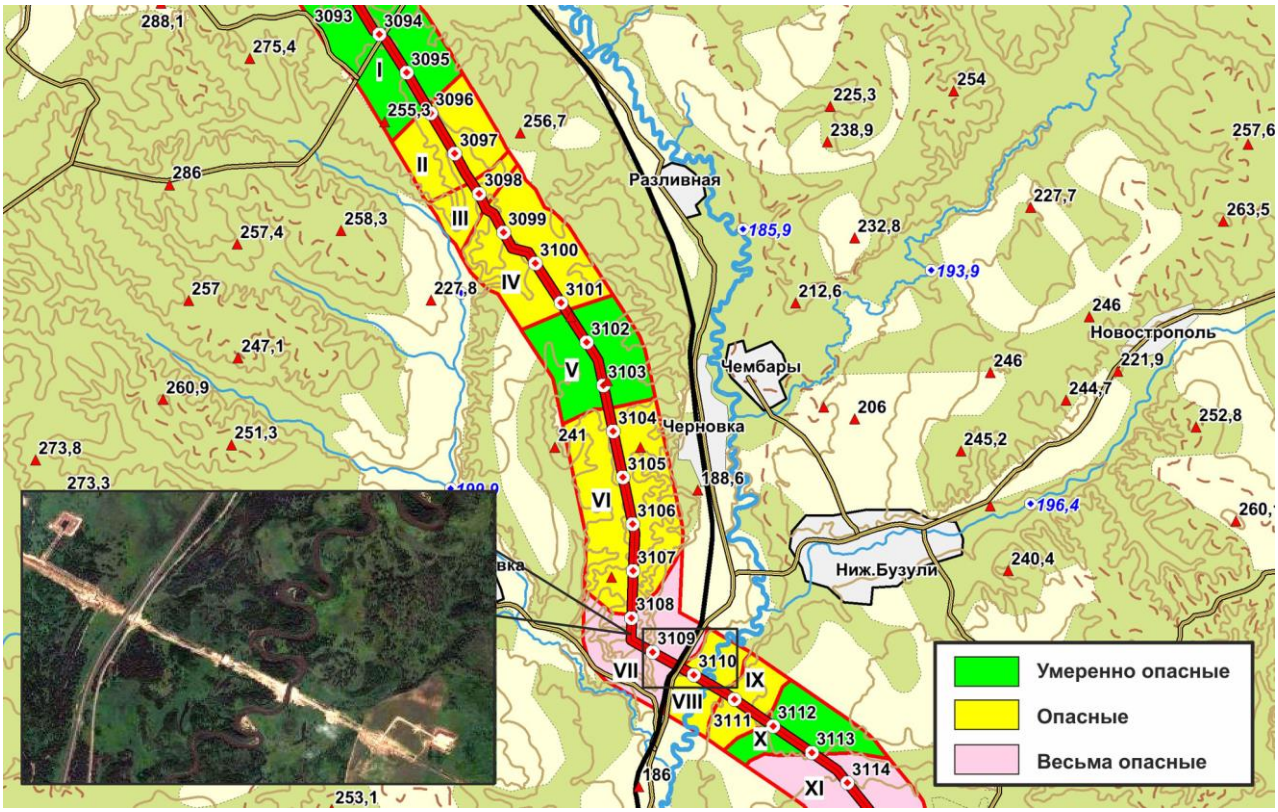


Рисунок 4. *Карта районирования буферной зоны прохождения газопровода*
Figure 4. *Map of the regionalization of the pipeline buffer zone*

ВЫВОДЫ

Обобщение с помощью ГИС эколого-геоморфологических условий трассы:

1. По морфологии среди междуречий господствуют пологоволнистые приводораздельные вершинные поверхности на рыхлых породах и холмисто-грядовые на коренных породах. Для склонов характерен выпукло-вогнутый поперечный профиль. Долины рек притоков р. Амур: Бурея, Томь, Завитая и др. обладают широкими уплощёнными днищами с широкой поймой и первой террасой. На бортах протягиваются фрагменты низких (до 20 м) и средних (до 50 м) террасоувалов. Долины 1–3 порядка имеют трапециевидный поперечный профиль. На бортах долин и склонах междуречий присутствуют эрозионные ложбины. К долинам и междуречьям приурочены фрагменты древних долин, сложенные рыхлыми отложениями с низкой противоэрозионной устойчивостью.

2. Эколого-геоморфологические участки с различной степенью опасности геоморфологических процессов:

- «катастрофическая степень опасности» для отрезков трассы с высокими и изменчивыми уклонами благоприятными для активного проявления и широкого распространения водной эрозии, оврагообразования, оползания и др. процессов;
- эколого-геоморфологические участки с категорией «весьма опасные» с геоморфологическими условиями для локального (ограниченного по площади) распространения экзогенного рельефообразующих процессов приуроченных к определённой форме рельефа: террасе, пойме, склону с характерными морфологическими показателями. Это обеспечивает активные проявления водной эрозии, склонового процесса, термоэрозии и термокарста и др., которые могут

активизироваться в результате сооружения трубопровода или объектов, входящих в его состав;

- эколого-геоморфологические участки категории «опасные» имеют морфологические характеристики (относительная высота, уклон поверхности, наличие перегибов склонов и т.п.) в естественных геоморфологических условиях не способствуют активизации рельефообразующих процессов. Однако в результате изменения морфологии форм рельефа при строительстве, формируются парагенезы экзогенных рельефообразующих процессов. На склонах «малых долин» возникает пространственное сочетание различных по генезису экзогенных геоморфологических процессов: боковой эрозии, мелкоблоковое оползание на склоне в результате боковой эрозии и оврагообразования. Возникновение вновь подобных «парагенезов рельефообразующих процессов» – достаточно широко распространённое явление на трассах магистральных трубопроводов в Азиатско-Тихоокеанском Регионе России; - эколого-геоморфологические участки с «умеренно опасной» категорией опасности пространственно совпадают с формами рельефа, которые характеризуются незначительными уклонами поверхности, малой относительной глубиной, невысокими плотностью и густотой расчленения постоянными и временными водотоками.

3. По эколого-геоморфологическим условиям протекания экзогенных рельефообразующих процессов и устойчивости рельефа к техногенным нагрузкам трасса разделяется на три отрезка:

- первый отрезок трассы (усл. км 2693-2875) находится в западной части Амуро-Зейской равнины. По протяжённости господствуют участки «весьма опасные и «опасные» в междуречьях и долинах рек. Для них характерно развитие склоновых и эрозионных процессов, возникновение техногенных наледей и термокарста;
- на втором отрезке (усл. км 2875-3167) в пределах центральной части Амуро-Зейской равнины господствуют участки категории «опасные», соответствующие многочисленным пересечениям долин крупных, средних и малых рек. К ним относятся склоны междуречий, террас и поймы склоны. Для них характерно развитие склоновых, овражных и эрозионных процессов;
- третий отрезок включает отрезок трассы (усл. км 3167-3517) в пределах холмисто-грядовой расчленённой равнины восточной части Амуро-Зейской равнины. По протяжённости господствуют участки «опасные» и «умеренно опасные», к которым относятся фрагменты склонов долин и междуречий.
- к особым отрезкам трассы с категориями «катастрофическая» и «весьма опасная» относятся участки перехода долин крупных рек Зея и Бурея, которые совпадают с зонами крупных разломов с сейсмичностью магнитудой 7-7,5, характеризуются заболоченными поверхностями террас, затапливаемыми поймами и овражной сетью на склонах междуречий.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Автономной некоммерческой организации Межрегиональная Топливно-Энергетическая Ассоциация «Экоцентр» (г. Москва) и лично Л.В. Бычковской за предоставленные материалы и возможность проведения данного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воскресенский И.С., Сучилин А.А.* Опыт применения ГИС для регионального геоморфологического районирования при оценке воздействия на окружающую среду трасс магистральных трубопроводов // Материалы международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС 22». – Протвино: «Научная Библиотека», 2016. – Т 1. – С.173–183. DOI: http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-173-183.

2. Геоморфологическое районирование СССР. – М.: Высшая школа, 1980. – 343 с.
3. *Кружалин В.И.* Экологическая геоморфология суши. – М.: Научный мир, 2001. – 176 с.
4. *Кузьмин С.Б.* Опасные геоморфологические процессы и управление естественными рисками / Отв. ред. В.М. Плюснин. – Рос. Акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т географии им. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 195 с.

Ivan S. Voskresensky[1], **Alexander A. Suchilin**[2]

GEOINFORMATION ECOLOGY-GEOMORPHOLOGIC ZONING OF MAIN PIPELINE ROUTES ACCORDING TO THE CONDITIONS OF RELIEF-FORMING PROCESSES IN THE ASIAN-PACIFIC REGION

ABSTRACT

The paper considers the experience of using geoinformation systems (GIS) for local geomorphologic zoning. Within the main pipeline routes (MPR) during the construction, the morphology of the relief and the surface cover of loose new deposits changes. As a result, dangerous relief-forming processes arise or are activated. Regional assessments of the geomorphological risk factor of nature management can be optimized on the basis of highlighting the individual features of the terrain of the routes in the GIS environment for geomorphologic zoning. The section of the route of the MPR ESPO within the Amur Region of the Russian Federation has been considered. GIS are used as the main methodical technique for local ecology-geomorphologic zoning under conditions of development of dangerous geomorphological processes. The necessity of local ecology-geomorphologic zoning is connected with the facts of activation of existing or newly emerging exogenous relief-forming processes established by now. They can have consequences in the form of emergencies. For example, when a route crosses the valleys of small rivers, a paragenesis of exogenous relief-forming processes (ERP) occurs in the form of "landslide-gully formation and lateral erosion" or activation of the process of "deflation – mass displacement of slope deposits" on gentle slopes in areas of their inflections. Thus, the application of GIS for the allocation of local ecologo-geomorphological sections of the ICP routes with the determining conditions for the development of dangerous ERP will make it possible to increase the efficiency of forecasting the change in terrain and landscapes in general. The proposed empirical methodology for the analysis of "local ecologo-geomorphologic zoning" was developed and applied to the trunk pipelines of Russia. Examples are given of individual sections of the MPR ESPO within the Amur-Zeya Plain, which occupies the vast part of the Amur River basin in the south of the Russian Far East. The territory has a complex, in terms of morphology, flat, sugarloaf and low-mountainous (in the frame) relief of fluvial-denudation (slope) origin with fragments of ancient valleys, with areas of karst and permafrost forms.

KEYWORDS:

GIS, ecology-geomorphologic zoning, dangerous exogenous relief-forming processes, oil and gas main pipeline routes

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* isvoskresensky@rambler.ru
[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* asuhov308@gmail.com

REFERENCES

1. Voskresensky I.S., Suchilin A.A. Opyt primenenija GIS dlja regional'nogo geomorfologicheskogo rajonirovanija pri ocenke vozdejstvija na okruzhajushchuju sredu trass magistral'nyh truboprovodov [GIS-based regional geomorphological zoning for assessment of environmental impact of major pipelines]. Materialy mezhdunarodnoj konferencii "InterKarto/InterGIS 22", Protvino: Izdat. dom "Nauchnaja Biblioteka", 2016, T. 1, pp. 173–183. DOI: http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-1-22-173-183 (in Russian).
2. Geomorfologicheskoe rajonirovanie USSR [Geomorphological regionalization of the USSR]. Moscow: Vysshaya shkola, 1980, 343 p. (in Russian).
3. Kruzhalin V.I. Ekologicheskaja geomorfologija sushi [Ecological geomorphology of land]. Moscow: Nauchnyj mir, 2001, 176 p. (in Russian).
4. Kuzmin S.B. Opasnye geomorfologicheskie processy i upravlenie estestvennymi riskami [Hazardous geomorphological processes and natural risk management]. Ros. Akad. Nauk, Sib. Otd-nie, In-t geografii im. V.B. Sochavy, Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo "Geo", 2009, 195 p. (in Russian).

УДК 528.88: 528.856: 502.065: 004.9 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-178-194

В.А. Мелкий[1], **А.А. Верхотуров**[2]

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬ И ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

АННОТАЦИЯ

Нарастающее антропогенное воздействие часто приводит к возникновению и развитию негативных процессов на землях, снижая тем самым их хозяйственную ценность. Территория Сахалинской области расположена на границе Евразийского континента и Тихого океана, где интенсивно проявляется взаимодействие геосферных оболочек, следовательно, подвергается воздействию различных активных природных процессов, характерных для таких зон. Среди многочисленных процессов, которые протекают здесь весьма активно, можно назвать сейсмические, вулканические, абразионные, морфолитодинамические, муссонной атмосферной циркуляции и ряд других. Активные геотермальные процессы в совокупности с избыточным увлажнением приводят к изменениям в биосфере (гигантизм растений). Поэтому важно проводить периодический мониторинг для оценки состояния окружающей среды, темпов развития и определения скорости процессов.

Проведение оперативного регионального мониторинга земель возможно только на основании данных дистанционного зондирования Земли с регулярным обновлением тематических карт при помощи геоинформационных технологий.

В Сахалинском государственном университете выполнен анализ особенностей природно-климатических условий региона, влияющих на методику ведения мониторинга земель, а также на интерпретацию его результатов. При проведении научных исследований были использованы методы геоинформационного картографирования, пространственного анализа, тематического дешифрирования и др.

В результате разработана и внедрена на станции приёма спутниковой информации Сахалинского государственного университета технология комплексного регионального мо-

---

[1] Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* vamelkiy@mail.ru

[2] Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; *e-mail:* ussr-91@mail.ru

ниторинга земель в Сахалинской области, позволяющая принимать, хранить, анализировать и представлять в картографическом виде информацию об оценке состояния земель, учитывающая специфические природные условия территории.

В статье приводится технологическая схема комплексного регионального мониторинга земель, раскрываются содержание баз данных о процессах, изменяющих состояние земель и научно обоснованный период космических наблюдений за ними, возможности блоков сбора и подготовки данных, анализа текущего состояния земель, а также представлены решения по обеспечению доступа потребителей к накопленной информации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

мониторинг земель, геоинформационное картографирование, космические съёмки, база данных, геопортал

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проведения регионального мониторинга земель выполняется оценка состояния земельных ресурсов, определяются степень их изменённости и составляется прогноз развития природно-техногенных процессов, а также вырабатываются рекомендации по уменьшению возможных рисков.

В работе проанализированы технические возможности систем наземного и космического мониторинга, данные с которых могут приниматься станциями, расположенными на территории Сахалинской области (TERRA, Landsat, NOAA и других). Разработаны структуры баз данных, а также порядок анализа и оценки мониторинговой информации при помощи геоинформационных технологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе использовались следующие материалы:

- топографические карты Сахалинской области Генштаба Вооружённых сил РФ, Государственного научно-внедренческого центра геоинформационных систем и технологий ФГУП «Госгисцентр» (далее Госгисцентр) в масштабах 1: 100 000 – 1: 1 000 000;
- цифровая модель рельефа (ЦМР-SRTM)
- космические снимки TERRA, NOAA, Landsat 5–Landsat 8 за период с 1995 по 2017 гг.,
- фондовые и литературные данные.

Для дальнейшей обработки и анализа векторизовались тематические карты:

- государственная геологическая карта Российской Федерации в масштабе 1: 200 000 [Государственная…, 1987–2002];
- почвенная карта о. Сахалин в масштабе 1: 2 500 000 и другие картографические материалы.

При исследованиях применялись следующие методы: математического и геоинформационного картографирования, статистические, методы комплексных физико-географических исследований, пространственного анализа и тематического дешифрирования. В процессе поиска путей оптимизации технологии мониторинга земель регионального уровня изучались и применялись методики исследования среды по данным дистанционного зондирования (ДЗЗ) в различных дипазонах электромагнитного спектра [Алексанин и др., 2010; Бакланов и др., 2011; Барталев и др., 2011; Бондур, Зверев, 2012; Бондур, Крапивин, Савиных, 2009; Братков и др., 2011, 2014; Гордеев, Гирина, 2014; Зверев, Гаврилова, 2012; Мелкий, 2002; Мелкий и др., 1998; Рыльский, Тикунов, 2016; Тикунов и др., 2016; McDonald I. R., 1998; Oshima K. I., Watanabe T., Nihashi S., 2003; Pyle *et al.*, 2013].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения за состоянием природной среды, проведённые ранее

Природа Сахалина и Курильских островов издавна привлекала и привлекает внимание исследователей. На ранних этапах (XVIII-XIX вв.) геологическое строение, фауна и флора изучались российскими учёными [Шмидт, 1874; Анерт, 1908], затем в начале XX в. – японскими [Miybe, Miybe, 1915; Sugawara, 1937 и др.]. Исследования компонентов экосистем проводились в регионе сотрудниками ведомственных и академических институтов в 50-80-х гг. XX в. [Толмачёв, 1956; Воробьёв, 1963; Попов, 1969 и др.].

Комплексные экспедиционные работы по изучению геосистем проводились в рамках Международных Сахалинского и Курильского проектов, а также при подготовке технико-экономического обоснования (ТЭО) разработки месторождений на шельфе. Активизация работ по шельфовым проектам «Сахалин-1» и «Сахалин-2» побудила сделать первые шаги по организации геоэкологического мониторинга, позволяющего обосновывать и принимать своевременные меры по минимизации негативных последствий антропогенного воздействия. Геоэкологическое состояние территории оценивалось по ряду факторов: сейсмичности, подверженности экзогенным процессам, состоянию подземных вод, почв и т. д. [Баркалов, 2009; Воронов, 2004; Гришин, 2008; Красикова, Сабиров, 1999; Крестов и др., 2004; Сабиров и др., 2009; Таран, 2003; Чабаненко, 2002]. Для прибрежно-шельфовой зоны Сахалина впервые составлен комплект мелкомасштабных карт геоэкологического содержания [Стрючков, Нам, 2003]. В это же время создан первый атлас сахалинского шельфа [Пищальник, Бобков, 2000].

Первые идеи по созданию эффективной системы мониторинга нефтегазовых месторождений на шельфе были представлены в монографическом сборнике, подготовленном Специальным конструкторским бюро средств автоматизации морских исследований (СКБ САМИ) ДВО РАН и Сахалинским отделением Русского географического общества [Охрана…, 2001]. Наблюдения начали проводить уже на стадии ТЭО разработки шельфа.

Информацию о состоянии земель ежегодно обобщает и представляет в публичных докладах (название их несколько видоизменяется) Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Сахалинской области [Доклад…, 2002–2016]. Мониторинг правового режима, контроля правильного использования и экономического состояния земель в рамках государственного мониторинга земель в Сахалинской области ведётся Федеральным центром агрономической службы «Сахалинский». Один раз в 4 года земли сельскохозяйственного назначения подвергаются радиологическому и сплошному токсикологическому обследованию на 18 реперных участках в разных районах области. Центр гигиены и эпидемиологии в Сахалинской области осуществляет мониторинг состояния почв: производит анализ на территориях 9 муниципальных образований.

В настоящее время производственный мониторинг ведут все операторы, принимающие участие в разработке шельфовых месторождений. Они представляют ежегодные отчёты о мероприятиях по обеспечению экологической безопасности [Отчёт…, 2002–2016; Проект…, 2002–2016].

Наши исследования выявили проблему острого недостатка актуальной информации о состоянии земель в регионе вследствие сложной, затратной и малоэффективной организации системы государственного мониторинга земель.

Разработка технологической схемы комплексного регионального мониторинга земель

В разработанной технологической схеме комплексного регионального мониторинга земель (рисунок 1) внедрены 4 базы данных (БД), структурно входящих в банк данных (БнД). Главной особенностью является программно-аналитический комплекс, который обеспечивает функционирование БД и состоит из пяти блоков, необходимых для работы с данными массивов: картографического обеспечения и фактических наблюдений. После прохождения процедур сбора и подготовки, эти данные сохраняются в БД о компонентах среды и о природно-техногенных процессах соответственно. Далее информация из этих БД

используется блоком текущего состояния для оценки степени нарушенности земель. Блоком оценки динамики состояния земель путём сопоставления карт текущего состояния с извлечёнными из БД архивных материалов картами, выполненными в предыдущие периоды наблюдений, подготавливаются карты изменения состояния земель. По мере накопления сведений о скорости развития процессов, изменяющих состояние земель, блоком прогнозирования изменения состояния земель производятся модели и подготавливаются прогнозные карты [Пищальник, Бобков, 2008; Berntsen, 2004; Richards, 2013].

Через блок «интерфейс пользователей» осуществляется связь с пользователями, производится приём заказов и выдача результатов информации о состоянии земель в необходимой пользователю форме.

Функционирование БнД комплексного регионального мониторинга земель обеспечивается необходимым набором программно-аппаратных средств по получению, обработке, хранению и извлечению информации из соответствующих БД.

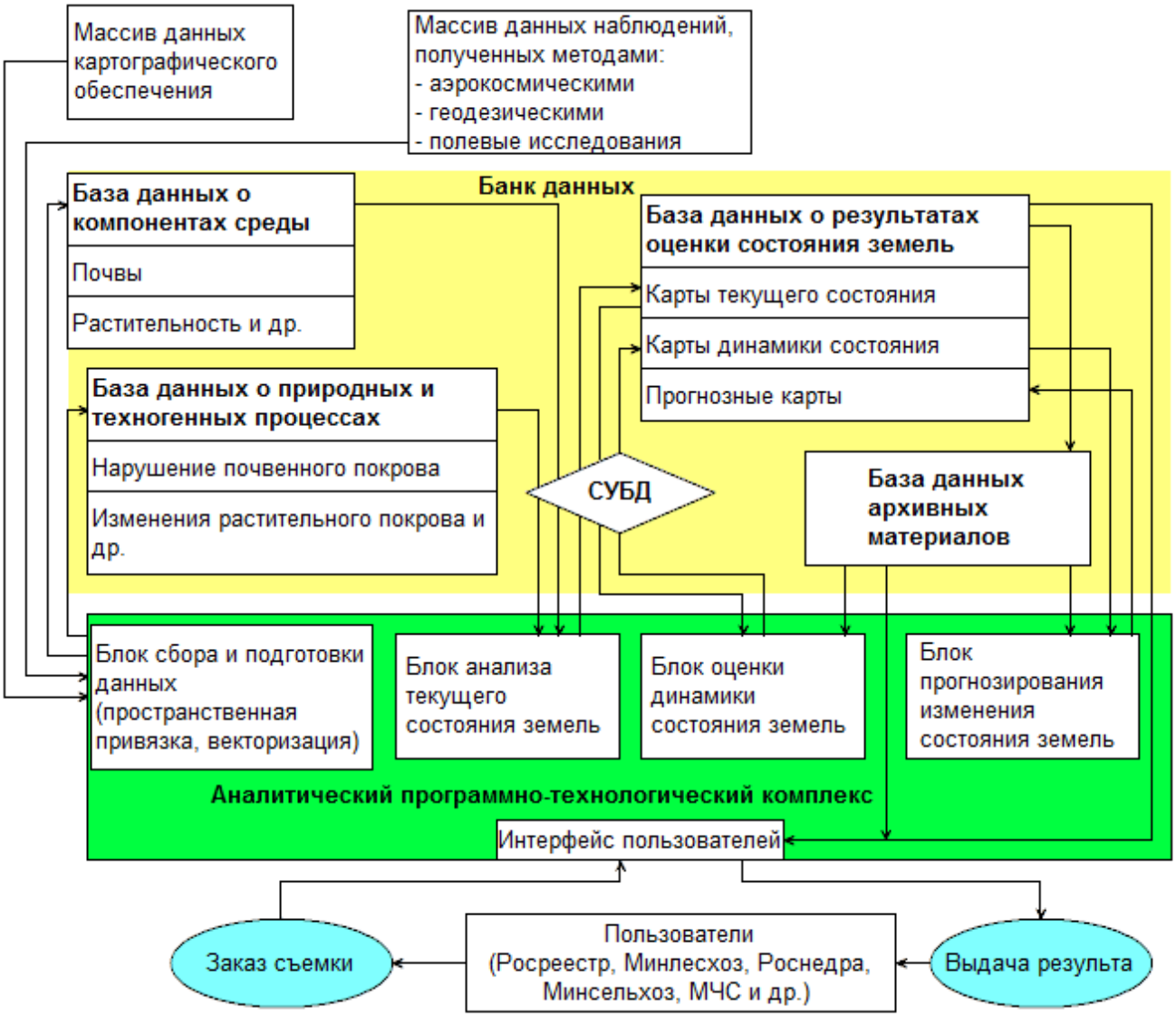


Рисунок 1. *Технологическая схема комплексного регионального мониторинга земель*
Figure 1. *Technological scheme of complex regional monitoring of land*

Формирование массива наблюдений

Для Сахалинской области определён состав БД о процессах и явлениях, которые должны наблюдаться в ходе мониторинга с рекомендуемой периодичностью наблюдений средствами ДЗЗ с учётом характера возможных изменений состояния земель (таблица 1).

Период наблюдений определён в соответствии с результатами проведённых исследований компонентов природной среды, которые дали возможность определить сезон, когда прямые и косвенные дешифровочные признаки позволяют наиболее качественно отслеживать происходящие изменения.

На глобальном уровне наблюдения за такими природно-техногенными процессами производятся ежедневно, как лесные пожары, вулканическая деятельность, ледовая обстановка.

Таблица 1. *Состав базы данных о процессах, изменяющих состояние земель, и период космических наблюдений за ними*
Table 1. *The composition of database about processes changing the state of the land, and the period of space observations for them*

Наблюдаемые процессы	Период наблюдений
• заболоченность и подтопление земель • нарушение почвенного покрова • проявления вулканической деятельности и сейсмической активности • изменение растительного покрова	2 наблюдения в год в летний и осенний периоды
• склоновые процессы • загрязнение земель нефтью	2 наблюдения в год в весенний и осенний периоды
• эрозионные процессы • загрязнение водных объектов	1 наблюдение в год в осенний период
• абразионные процессы	1 наблюдение в год в осенний, либо летний, либо весенний период
• ледяной покров морей • атмосферные процессы	Ежедневно

Таблица 2. *Характеристики спутниковых комплексов, доступных для станции приема в Сахалинской области*
Table 2. *Characteristics of the Satellite complexes available for the receiving station in Sakhalin Region*

Спутниковая система	Разрешающая способность, м	Ширина полосы съёмки, км	Периодичность съёмки	Кол-во каналов
Terra, Aqua	250-1000	2300	1-2 раза в сутки	36
NOAA	1100	3000	3-4 раза в сутки	5
Suomi NPP	375 / 750 на краях полосы	3000	1-2 раза в сутки	22
Landsat 8	15 в панхр. / 30-100	185	1 раз в 16 дней	11
SPOT 6/7	1,5 в панхр. / 6	60	2 раза в сутки	5
Sentinel-2	20 в панхр. / 60	290	2-3 в сутки (средние широты)	12

Техническое обеспечение приёма данных дистанционного зондирования

Связующим элементом между источником ДЗЗ и массивом данных наблюдений является региональная станция приёма спутниковой информации. Приём данных организован на базе Южно-Сахалинской научно-исследовательской станции приёма и обработки спутниковой информации (ЮСНИС) СахГУ.

Для решения конкретных задач регионального мониторинга земель рекомендуется использование данных с космических аппаратов, которые производят съёмку в различных областях электромагнитного спектра с достаточной разрешающей способностью и через необходимый временной интервал съёмки (таблица 2).

Разработка блока по сбору, хранению и обеспечению доступа к пространственным данным

Формирование картографического обеспечения для функционирования региональной системы мониторинга земель возможно на основе создания геопортала, который обеспечивал бы доступ к данным администраторам и потребителям. Для размещения данных мониторинга земель можно использовать геопортал инфраструктуры пространственных данных РФ (доступ обеспечивается Росреестром), или задействовать аналогичный ресурс.

Главными составляющими архитектуры геопортала будут центральный узел региональной системы мониторинга земель и её периферийные узлы, находящиеся в районах и на предприятиях. Центральный узел создаётся и внедряется как составной компонент интегрированной сети Российской информационной системы пространственных данных.

Архитектура геопортала должна содержать [Кошкарёв и др., 2010]:

- подсистему метаданных, позволяющую вести поиск в базе метаданных, а также в регистрах подсистем данных, прикладных схем и сервисов;
- подсистему данных, обеспечивающую хранение данных, их преобразование в стандартизованное представление и обратно для привычной визуализации;
- подсистему прикладных схем, включающих легенды карт различного тематического содержания;
- подсистему сервисов, обеспечивающих выполнение следующих операций:
  - поиск данных (на основе метаданных);
  - визуализация;
  - «скачивание» информации, с возможностью копирования пространственных данных и обеспечения прямого доступа к пространственным данным;
  - трансформирование данных;
  - геокодирование;
  - вызова удалённых сервисов.

Интерфейс системы представляется веб-порталом. В связи с этим доступ пользователям к информации осуществляется посредством веб-страниц через интернет-браузер. Разрабатывая архитектуру геопортала, необходимо отдавать приоритет обеспечению защиты информации и стабильности работы системы, а также организации взаимодействия участников в сети. Повышение стабильности работы системы происходит за счёт создания ряда центральных серверов. В этом случае при отказе одной из серверных станций система будет продолжать функционирование и обрабатывать заявки пользователей [Горобцов, Подрядчикова, 2014, Дубровский, 2015].

Для обеспечения оперативного построения тематических карт высокой детализации необходимо сформировать БД, насыщенную информацией, полученной при оцифровке существующих , а также фондовой, литературной карт и данными космической съёмки.

Для подготовки картографического обеспечения мониторинга земель задействован блок сбора и подготовки данных, предложенный в технологической схеме (рисунок 2).

Данные картографического обеспечения представлены отсканированными и векторизованными картами, а также фондовыми и научно-литературными источниками в цифровом формате. Данные фактических наблюдений состоят из аэрокосмических снимков и материалов полевых исследований (подспутниковых наблюдений). Информация этих массивов проходит процедуры сбора и оценки пригодности использования, а также подготавливаются для последующего перемещения в соответствующие БД в унифицированных форматах (shape, TIFF, doc).

В БД заложена информация о природно-климатических условиях и техногенных комплексах региона в виде тематических векторных слоёв и растровых данных. Это позволяет полноценно обеспечивать мониторинг земель исходными данными (таблица 3).

Технология мониторинга земель предопределяет необходимость работы с пространственно-ориентированными данными. Для корректного отображения и распределения в геоинформационном пространстве выполняется предварительная обработка с точной координатной привязкой.

Построение тематических карт начинается с настройки подходящей под территорию математической основы. В ArcGIS при переходе между масштабными уровнями можно проводить генерализацию посредством набора инструментов модуля ArcToolBox, а также через свойства слоя или, используя атрибутивную выборку.

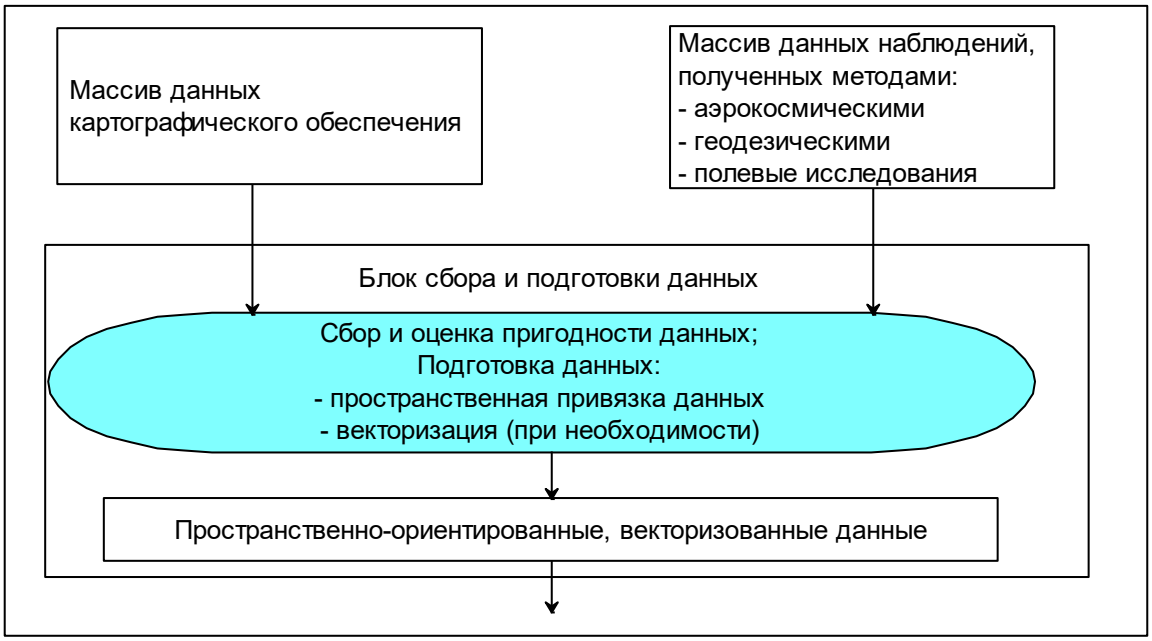


Рисунок 2. *Блок сбора и подготовки данных*
Figure 2. *Block of collecting and processing data*

Таблица 3. *Тематические разделы БД о компонентах среды*
Table 3. *Thematic sections of the Database about the components of the environment*

1. Геологическое строение, рельеф (13 слоев)	4. Ландшафты (2 слоя)
2. Климатические условия (26 слоев)	5. Природные ресурсы (4 слоя)
3. Водные объекты (2 слоя)	6. Населённые пункты и объекты инфраструктуры (4 слоя)
7. Объекты промышленности (3 слоя)	

Рисунок 3. *Блок анализа текущего состояния земель*
Figure 3. *The unit of analysis of current state of the land*

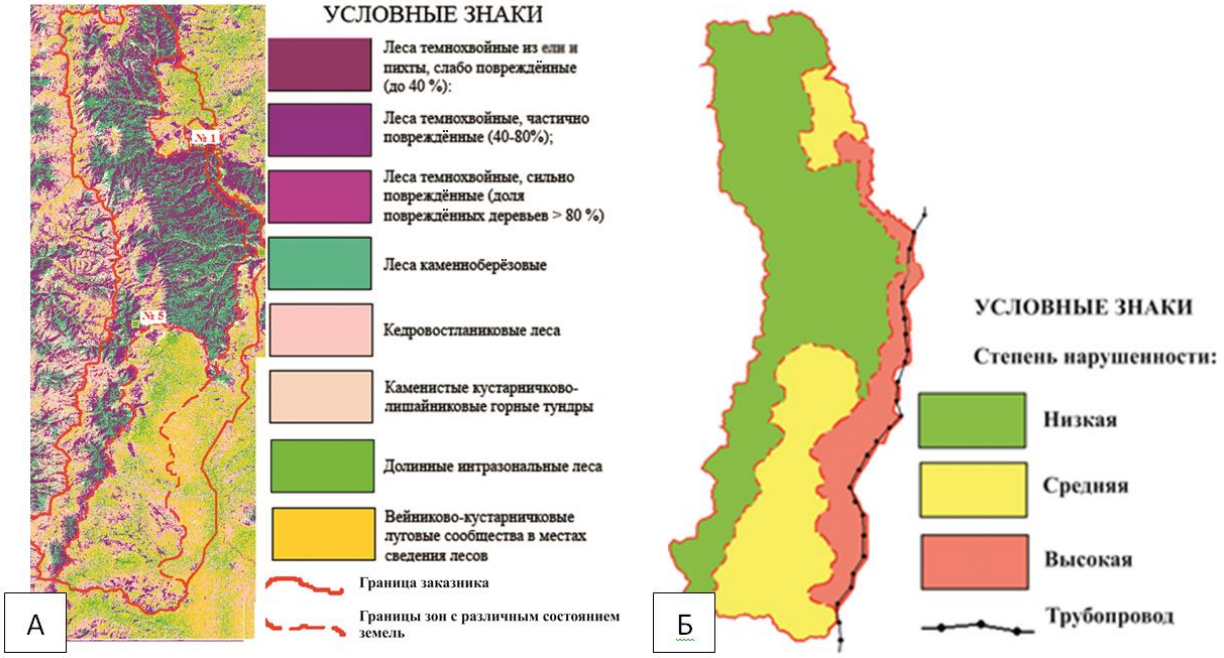


Рисунок 4. *А – Результаты дешифрирования космического снимка;*
Б – Зонирование территории
по степени антропогенной измененности растительного покрова
Figure 4. *А – Results of decoding the satellite image;*
Б – Zoning according to degree of anthropogenic variation of vegetation

Разработка блока анализа текущего состояния земель

Проведение новых наблюдений, их обработка с составлением мониторинговых карт пополняют БД. Таким образом, сформированная система режимных наблюдений позволяет производить оценку динамики природно-техногенных процессов.

Данные мониторинга состояния земель различного назначения необходимо проводить по каждому из компонентов среды в отдельности. При этом учитывается специфика физико-географических особенностей исследуемого региона. Информацию о процессах, развитых в изучаемом регионе, целесообразно представлять в виде тематических карт. Обеспечить насыщение информацией тематических карт можно при помощи разработанных технологических схем, что позволит оценить состояние земель и, в конечном итоге, сделать мониторинг достоверным и оперативным.

Рассмотрим способ оценки состояния территорий, позволяющий определить степень антропогенной изменённости земель (Рис. 3).

Оценка изменённости земель представлена на примере ООПТ – заказника «Макаровский», выполненный для реализации базового мониторинга земель.

Полученная карта растительности позволяет судить о составе и состоянии растительности территории (рисунок 4А). Благодаря изучению неоднородности фототонов серого изображения растительных сообществ было произведено зонирование территории по степени антропогенной нарушенности растительного покрова (рисунок 4Б). Работы по картографической оценке состояния территории Сахалинской области на основе использования космических снимков Landsat и программных средств ArcGIS показали, что применение системного геоинформационного картографирования позволяет с высокой достоверностью производить анализ фактического состояния отдельных компонентов среды, оценивать их состояние и степень изменённости в результате воздействия природных и техногенных процессов.

ВЫВОДЫ

Анализ изученности состояния земель и островных геосистем в целом в Сахалинской области показал, что исследования проводились по отдельным направлениям в зависимости от наличия специалистов. Наши исследования выявили проблему острого недостатка актуальной информации о состоянии земель в регионе вследствие сложной, затратной и малоэффективной организации системы государственного мониторинга.

В процессе разработки технологической схемы комплексного регионального мониторинга земель подготовлены и внедрены 4 базы данных (БД), входящих в банк данных (БнД). Функционирование БД поддерживается программно-аппаратным комплексом, состоящим из пяти блоков с массивами данных картографического обеспечения и фактических наблюдений.

В БД закладываются сведения о природно-климатических условиях и состоянии техногенных комплексов региона в виде тематических векторных слоёв и растровых данных. В базах данных накапливается информация о заболоченности и подтоплении земель, нарушениях почвенного покрова, эрозионных процессах, развитии гравитационных склоновых процессов, загрязнении водных объектов, состоянии ледяного покрова морей. Особое внимание в разработанной схеме уделено процессам, характерным для наблюдаемого региона (для Сахалинской области это проявления вулканической деятельности и сейсмической активности, абразионные процессы, загрязнение земель нефтью, изменение растительного покрова при наличии гигантизма растений.

Накопленные данные подвергаются обработке при поступлении в блок анализа текущего состояния земель, где производится привязка пространственно-ориентированной информации к картографической основе, выполняются визуализация и разнообразные преобразования для обеспечения лучшей наглядности, а также производится оценка нарушенности земель под воздействием наблюдаемых процессов.

В качестве примера приведена оценка геоэкологической обстановки в заказнике «Макаровский», выполненная с использованием технологии регионального мониторинга земель.

Полученная карта растительности позволяет судить о составе и состоянии растительности территории (рисунок 4А). Благодаря изучению неоднородности фототонов серого изображения растительных сообществ было произведено зонирование территории по степени антропогенной нарушенности растительного покрова

Таким образом, заложена концептуальная основа технологии комплексного регионального мониторинга земель Сахалинской области, ориентированная на обеспечение анализа состояния земель. Внедрение технологии регионального мониторинга земель позволяет снабжать потребителей информацией для принятия важных научно-обоснованных управленческих решений на основе системного подхода и оценки состояния земель, что способствует достижению главной цели – обеспечению сохранности земель как самой важной части окружающей природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексанин А.И., Качур В.А., Орлова Т.Ю., Павлов А.Н., Салюк П.А.* Организация исследований по оценке экологического состояния морских акваторий средствами дистанционного зондирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2010. – Т. 7. – № 3. – С.131–138.
2. *Анерт Э.Э.* Путешествие на восточное побережье русского Сахалина в 1907 г. – СПб., 1908. – 38 с.
3. *Бакланов П.Я., Ермошин В.В., Комедчиков Н.Н., Кошкарев 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 // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы Международной конференции, 2011. – С. 147–150.
4. *Баркалов В.Ю.* Флора Курильских островов. – Владивосток, 2009. – 468 с.
5. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лупян Е.А.* Основные задачи и перспективы создания системы глобального спутникового мониторинга лесов // Лесоведение. – 2011. – № 6. – С. 3–15.
6. *Бондур В.Г., Зверев А.Т.* Механизмы формирования линеаментов, регистрируемых на космических изображениях при мониторинге сейсмоопасных территорий // Исследование Земли из космоса. – 2007, № 1. – С. 47–56.
7. *Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П.* Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. – М.: Научный мир, 2009. – 692 с.
8. *Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Атаев З.В.* Мониторинг современных климатических изменений и оценка их последствий для ландшафтов Северного Кавказа // Вестник РАЕН. – 2014. – № 2. – С. 7–16.
9. *Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Клюшин П.В., Марьин А.Н.* Дистанционное зондирование территории Северного Кавказа // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2011. – № 4 (76). – С. 69–80.
10. *Воробьёв Д.П.* Растительность Курильских островов. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1963. – 92 с.
11. *Воронов Г.А.* Животный мир. Современное состояние и использование запасов морских млекопитающих // Курильские острова (природа, геология, землетрясения, вулканы, история, экономика). – Южно-Сахалинск: Сах. кн. издат., 2004. – С. 37–43.
12. *Гордеев Е.И., Гирина О.А.* Вулканы и их опасность для авиации // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84. – № 2. – С. 134.
13. *Горобцов С.Р., Подрядчикова Е.Д.* Сравнительный анализ современного российского опыта геопортальных решений для целей муниципального управления // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т. 3. – № 2. – С. 150–158.

14. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Издание второе. Серия Курильская. Листы K-55-II, III, XXXII, XXXIII, L-55-XVIII XXII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXXIV, L-56-II, VII, VIII, IX, XIII, XIX, L-56-III, IV, XII, XVII, XVIII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXXIII, XXXIV, XXXV, M-57-VI, VII, XIII / Под ред. В.К. Ротмана. – Южно-Сахалинск: ФГУГП «Сахалинская геологоразведочная экспедиция», 1987–2002 гг.
15. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 200 000. Издание второе. Серия Сахалинская. Листы L-54-IV, V, X, XI, XII, XVI, XVII, XVIII, XXII, M-54-IV, V, VI, XI, XII, XVII, XVIII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXX, XXXIV, XXXV, M-55-XIX, XXV, XXXI, N-54-XVII, XXII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXX, XXXIV, XXXV, XXXVI / Под ред. В. К. Ротмана. – Южно-Сахалинск: ФГУГП «Сахалинская геологоразведочная экспедиция», 1987–2002 гг.
16. *Гришин С.Ю.* География растительного покрова Курильских островов (на карте растительности архипелага) // Известия Русского географического общества. – 2008. – № 5. – С. 8–15.
17. *Денисова Я.В., Ерёменко И.В., Белянина Я.П., Лобищева И.И., Картушина Е.А.* Биоразнообразие Сахалинской области: учебное пособие. – Южно-Сахалинск: Изд. СахГУ, 2012. – 400 с.
18. Доклады об экологической ситуации (о состоянии) и об охране окружающей среды (в) Сахалинской области, 2002–2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://mpr.admsakhalin.ru/page.php?id=132.
19. *Дубровский А. В.* Возможности применения геоинформационного анализа в решении задач мониторинга и моделирования пространственных структур // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2015. – № S5. – С. 236–242.
20. *Зверев А.Т., Гаврилова В.В.* Разработка теории и методов оценки и прогноза состояния природных ресурсов с использованием космических снимков // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2012. – № 5. – С. 44–47.
21. *Кошкарев А.В., Ряховский В.М., Серебряков В.А.* Инфраструктура распределённой среды хранения, поиска и преобразования пространственных данных // Открытое образование, 2010. – №5. – С. 61–72.
22. *Красикова В.И., Сабиров Р.Н.* Современное состояние растительного покрова антропогенно-трансформированных экосистем севера Сахалина // Наземные экосистемы острова Сахалина. – Южно-Сахалинск: Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, 1999. – С. 16–52.
23. *Крестов П.В., Баркалов В.Ю., Таран А.А.* Ботанико-географическое районирование острова Сахалин // Растительный и животный мир острова Сахалин: материалы Международного сахалинского проекта. – Владивосток, 2004. – Часть 1. – С. 67–90.
24. *Мелкий В.А.* Теоретические основы и принципы построения единой системы мониторинга природной среды и техносферы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2002. – № 2. – С. 89–97.
25. *Мелкий В.А., Черниговский Ю.М., Долгополов Д.В. Марчуков В.С.* Прогнозирование взрывных вулканических извержений по данным дистанционного зондирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 1998. – № 3. – С. 123–129.
26. Отчёт об устойчивом развитии «Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд.» за 2015 год (то же за 2002–2016 гг.). – Южно-Сахалинск, Сахалин Энерджи, 2016. – 180 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sakhalinenergy.ru/ru/media-centre/reports.wbp.
27. Охрана природы, мониторинг и обустройство сахалинского шельфа / Под ред. М.Л. Красного, В.Н. Храмушина, Р.П. Бернгардта. – Южно-Сахалинск: Сах. кн. издат., 2001. – 180 с.

28. *Пищальник В.М., Бобков А.О.* Моделирование природных процессов на основе ГИС «Сахалинский шельф»: учебное пособие. – Южно-Сахалинск, 2008. – 103 с.
29. *Пищальник В.М., Бобков А.О.* Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин. – Южно-Сахалинск: Изд. СахГУ, 2000. – Ч. 1. – 174 с. – Ч. 2. – 108 с.
30. *Попов М.Г.* Растительный мир острова Сахалина / Отв. ред. В.Г. Хржановский. – М.: Наука, 1969. – 136 с.
31. Проект «Сахалин-1». Отчёт о деятельности в области охраны окружающей среды в 2015 г. (то же за 2002-2016 гг.) – Южно-Сахалинск, Компания «Эксон Нефтегаз Лимитед», 2016. – 39 с. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.sakhalin-1.ru/Sakhalin/Russia-Russian/Upstream/Files/2_2015_ Environmental_Report_RUS_rev1.pdf.
32. *Рыльский И.А., Тикунов В.С.* Перспективы использования комплексов воздушного лазерного сканирования для картографирования лесов // Известия Иркутского государственного университета. – Серия: Науки о Земле. – 2016. – Т. 15. – С. 104–113.
33. *Сабиров Р.Н., Сабирова Н.Д., Мелкий В.А., Белянина Я.П., Картушина Е.А.* Растительный мир сахалинского природного заказника «Макаровский» // Вестник Сахалинского музея. – № 16. – Южно-Сахалинск: Сахалинский государственный областной краеведческий музей, 2009.– С. 302–318.
34. *Стрючков В.В., Нам Кван Су.* Геоэкологическое картирование масштаба 1: 500 000 прибрежно-шельфовой зоны о. Сахалин, проведённое в 2000-2003 г. – Южно-Сахалинск: СахГРЭ, 2003. – 435 с.
35. *Таран А.А*. Флора и растительность районов, примыкающих к трассе магистрального трубопровода на острове Сахалин. – Южно-Сахалинск: Сахалинский ботанический сад ДВО РАН, 2003. – 187 с.
36. *Тикунов В.С., Ротанова И.Н., Ефремов Г.А., Чунтай Б.* Атласное геоинформационное картографирование: новые подходы на примере атласа Большого Алтая // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2016. – № 7. – С. 55–62.
37. *Толмачёв А. И.* Геоботаническое районирование острова Сахалина: Краткий определитель / Отв. ред. Б.К. Шишкин. – М.-Л.: АН СССР, 1956. – 172 с.
38. *Чабаненко С.И.* Конспект флоры лишайников юга российского Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2002. – 232 с.
39. *Шмидт Ф.Б.* Сахалинская флора // Труды Сибирской экспедиции Русского Географического общества. Физич. отдел. – СПб, 1874. – Т. 2. ч. ботан. – С. 85–236.
40. *Berntsen J.* Users guide for a modesplit-coordinate numerical ocean model. – Bergen: University of Bergen, 2004. – 51 p.
41. *McDonald I.R.* Natural oil spills // Scientific American, 1998. – 279 (5). – Pp. 51–66.
42. *Miybe K., Miybe T.* Flora of Saghalin. – Publ. by Government of Saghalin, 1915. – 648 p.
43. *Oshima K.I., Watanabe T., Nihashi S.* Surface heat budget of Sea of Okhotsk during 1987–2001 and the role of sea ice on it // J. Meteorol. Soc. Jap. – 2003. – Vol. 81. – Pp. 653–677.
44. *Pyle D.M., Mather T.A., Biggs J.* (eds). Remote Sensing of Volcanoes and Volcanic Processes: Integrating Observation and Modelling. – Geological Society. – London, Special Publications, 2013. – 380. – Pp. 1–13.
45. *Richards J.A.* Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. – 5th ed. – Berlin, Springer–Verlang, 2013. – 503 pp.
46. *Sugawara Sh*. Plants of Saghalinen. – Toyohara Saghalien, 1937. – 490 p.

Vyacheslav A. Melkiy[1], **Alexey A. Verkhoturov**[2]

GEOINFORMATION AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR MONITORING NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES BASED ON ATLAS MAPPING IN THE SAKHALIN REGION

ABSTRACT

The increasing anthropogenic impact often leads to emergence and development of negative processes on the lands, thereby reducing their economic value. Land of the Sakhalin Region located on the border of the Eurasian continent and the Pacific ocean, where interaction between geospheric shells is intense and therefore, exposed to a variety of active natural processes characteristic of such zones. Among the many processes that take place here very actively, one can be name seismic, volcanic, abrasion, morpholithodynamic, monsoon atmospheric circulation and several others. Active geothermal processes, combined with abundant moisture lead to changes in the biosphere (the gigantism of plants). It is therefore important to conduct periodic monitoring to assess the state of the environment, the pace of development and definition of processes speed.

The operative regional land monitoring is possible only on the basis of data of Earth remote sensing with the regular updating of thematic maps using GIS technologies.

The Sakhalin State University has been performing the analysis of the peculiarities of natural-climatic conditions of the region, affecting the method of conducting monitoring of lands, as well as the interpretation of its results. When conducting scientific research the methods of geoinformation mapping, spatial analysis, thematic interpretation were used etc.

As a result technology of integrated regional land monitoring in the Sakhalin has been developed and implemented on the Station of satellite data reception by Sakhalin State University, allowing one to receive, store, analyze, and provide map information on the assessment of the condition of lands, taking into account the specific natural conditions of the territory.

The article presents a technological scheme of integrated regional monitoring of the land, reveals the content of databases on processes that change the state of the land and evidence-based period of space observations for them, features blocks of the collection and preparation of data, analysis of the current state of land, as well as the solutions to ensuring consumer access to the stored information.

KEYWORDS:

land monitoring, GIS mapping, satellite imagery, database, geoportal

REFERENCES

1. Aleksanin A.I., Kachur V.A., Orlova T.Yu., Pavlov A.N., Salyuk P.A. Organizatsiya issledovaniy po otsenke ekologicheskogo sostoyaniya morskikh akvatoriy sredstvami distantsionnogo zondirovaniya [Organization of studies to assess the ecological status of marine waters by remote sensing instruments]. Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 2010, Vol. 7. No 3, pp. 131–138 (in Russian).
2. Anert E.E. Puteshestvie na vostochnoe poberezh'e russkogo Sahalina v 1907 g. [Journey on the Eastern coast of Russian Sakhalin Island in 1907]. St. Petersburg, 1908, 38 p. (in Russian).
3. Baklanov P.Ya., Ermoshin V.V., Komedchikov N.N., Koshkaryov A.V., Krasnopeev S.M., Rotanova I.N., Serebryakov V.A., Tikunov V.S., Khromova T.E Geoinformatsionnye

[1] Oil and Gas Technical Institute of Sakhalin State University, Russia, 693008, Yuzhno-Sakhalinsk, Pogranichnaya st, 2; *e-mail:* vamelkiy@mail.ru

[2] Oil and Gas Technical Institute of Sakhalin State University, Russia, 693008, Yuzhno-Sakhalinsk, Pogranichnaya st, 2; *e-mail:* ussr-91@mail.ru

tekhnologii dlya territorial'nogo planirovaniya i regional'nogo upravleniya [Geoinformation technology for planning of territories and regional governance], Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i prakticheskij opyt [Sustainable development of territories: GIS theory and practical experience], Proceedings of the International conference, 2011, Pp. 147–150 (in Russian).

4. Barkalov V.Yu. Flora Kuril'skih ostrovov [Flora of the Kuril Islands], Vladivostok, 2009, 468 p. (in Russian).
5. Bartalev S.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Lupyan E.A. Osnovnye zadachi i perspektivy sozdaniya sistemy globalnogo sputnikovogo monitoringa lesov [Main tasks and prospects of Creation of System of global satellite Monitoring of forests]. Contemporary Problems of Ecology Russian Forest Sciences, 2011, No 6, pp. 3–15 (in Russian).
6. Bondur V.G., Zverev A.T. Mekhanizmy formirovaniya lineamentov, registriruemykh na kosmicheskikh izobrazheniyakh pri monitoringe seysmoopasnykh territoriy [Mechanisms of forming lineaments detected on space images for monitoring earthquake-prone areas]. Issledovanie Zemli iz kosmosa, 2007, No 1, pp. 47–56 (in Russian).
7. Bondur V.G., Krapivin V.F., Savinykh V.P. Monitoring i prognozirovanie prirodnykh katastrof [Monitoring and forecasting of Natural disasters]. Moscow: Scientific world, 2009, 692 p. (in Russian).
8. Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Klyushin P.V., Marin A.N. Distantsionnoe zondirovanie territorii Severnogo Kavkaza [Remote sensing of the Territory of the North Caucasus]. Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel, 2011, No 4 (76), pp. 69–80 (in Russian).
9. Bratkov V.V., Zaurbekov Sh.Sh., Ataev Z.V. Monitoring sovremennykh klimaticheskikh izmeneniy i otsenka ikh posledstviy dlya landshaftov Severnogo Kavkaza [Monitoring of Contemporary Climate changes and Assessment of their implications for Landscapes of the North Caucasus]. Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk, 2014, No 2, pp. 7–16 (in Russian).
10. Vorob'ev D.P. Rastitel'nost' Kuril'skih ostrovov [The vegetation of the Kuril Islands]. Moscow – Leningrad: Izd. AN SSSR, 1963, 92 p. (in Russian).
11. Voronov G.A. Zhivotnyj mir. Sovremennoe sostojanie i ispol'zovanie zapasov morskih mlekopitajuschih [Wildlife. Current status and utilization of resources of marine mammals]. Kuril'skie ostrova (priroda, geologija, zemletrjasenija, vulkany, istorija, ekonomika), Yuzhno-Sakhalinsk: Sakh. kn. izd-vo, 2004, pp. 37–43 (in Russian).
12. Gordeev E.I., Girina O.A. Vulkany i ikh opasnost dlya aviatsii [Volcanoes and their Hazard to aviation]. Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk, 2014, Vol. 84, No 2, pp. 134 (in Russian).
13. Gorobtsov S.R., Podryadchikova E.D. Sravnitelnyy analiz sovremennogo rossiyskogo opyta geoportalnykh resheniy dlya tseley munitsipalnogo upravleniya [Comparative analysis of modern Russian experience geoportal solutions for the Purposes of Municipal management]. Interekspo Geo-Sibir, 2014, Vol. 3, No 2, pp. 150–158 (in Russian).
14. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1: 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Kuril'skaya [State geological map of Russian Federation. Scale 1: 200 000. Second edition. Series Kuril]. Map sheets K-55-II, III, XXXII, XXXIII, L-55-XVIII XXII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXXIV, L-56-II, VII, VIII, IX, XIII, XIX, L-56-III, IV, XII, XVII, XVIII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXXIII, XXXIV, XXXV, M-57-VI, VII, XIII / Ed. V.K. Rotman. Yuzhno-Sahalinsk: FGUGP "Sakhalin geological expedition", 1987–2002 (in Russian).
15. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1: 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Sakhalinskaya [State geological map of Russian Federation. Scale 1: 200 000. Second edition. Series Sakhalin]. Map sheets L-54-IV, V, X, XI, XII, XVI, XVII, XVIII, XXII, M-54-IV, V, VI, XI, XII, XVII, XVIII, XXIII, XXIV, XXVIII, XXIX, XXX, XXXIV, XXXV, M-55-XIX, XXV, XXXI, N-54-XVII, XXII, XXIII,

XXIV, XXVIII, XXIX, XXX, XXXIV, XXXV, XXXVI / Ed. V.K. Rotman. Yuzhno-Sahalinsk: FGUGP “Sakhalin geological expedition”, 1987–2002 (in Russian).
16. Grishin S.Yu. Geografiya rastitel’nogo pokrova Kuril’skih ostrovov (na karte rastitel'nosti arhipelaga) [Geography of the vegetation cover of the Kuril Islands (on the map of vegetation of the archipelago)]. Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva, 2008, No 5, pp. 8–15 (in Russian).
17. Denisova Ya.V., Eryomenko I.V., Belyanina Ya.P., Lobishcheva I.I., Kartushina E.A. Bioraznoobrazie Sahalinskoy oblasti: uchebnoe posobie [Biodiversity of the Sakhalin Region: textbook]. Yuzhno-Sakhalinsk: Izd. SahGU, 2012, 400 p. (in Russian).
18. Doklady ob ekologicheskoy situatsii (o sostoyanii) i ob ohrane okruzhayushchey sredy (v) Sahalinskoy oblasti [Reports on the environmental situation (status) and environmental protection (in) Sakhalin Region], 2002–2016, http://mpr.admsakhalin.ru/page.php?id=132 (in Russian).
19. Dubrovskiy A.V. Vozmozhnosti primeneniya geoinformatsionnogo analiza v reshenii zadach monitoringa i modelirovaniya prostranstvennykh struktur [The possibility of applying GIS analysis in the Solution of problems of Monitoring and Modeling spatial structures]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos’yomka, 2015, No S5, pp. 236–242 (in Russian).
20. Zverev A.T., Gavrilova V.V. Razrabotka teorii i metodov otsenki i prognoza sostoyaniya prirodnykh resursov s ispolzovaniem kosmicheskikh snimkov [Development of Theory and Methods for assessing and forecasting the conditions of natural resources with using satellite images]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos’yomka, 2012, No 5, pp. 44–47 (in Russian).
21. Koshkaryov A.V., Ryakhovskiy V.M., Serebryakov V.A. Infrastruktura raspredelennoy sredy khraneniya, poiska i preobrazovaniya prostranstvennykh dannykh [The Infrastructure of the Distributed environment for storage, retrieval and transformation of Spatial data]. Otkrytoe obrazovanie, 2010, No 5, pp. 61–72 (in Russian).
22. Krasikova V.I., Sabirov R.N. Sovremennoe sostoyanie rastitel’nogo pokrova antropogenno-transformirovannyh ekosistem severa Sahalina [Modern state of the vegetation anthropogenically transformed ecosystems of the North of Sakhalin]. Nazemnye ekosistemy ostrova Sahalina, Yuzhno-Sakhalinsk, Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS, 1999, pp. 16–52 (in Russian).
23. Krestov P.V., Barkalov V.Yu., Taran A.A. Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie ostrova Sahalin [Botanical-geographic regionalization of Sakhalin Island]. Rastitel’nyy i zhivotnyy mir ostrova Sahalin: materialy Mezhdunarodnogo sahalinskogo proekta, Vladivostok, 2004, Part 1, pp. 67–90 (in Russian).
24. Melkiy V.A. Teoreticheskie osnovy i printsipy postroeniya edinoy sistemy monitoringa prirodnoy sredy i tekhnosfery [Theoretical foundations and principles to creation of uniform system of monitoring natural environment and the technosphere]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos’yomka, 2002, No 2, pp. 89–97 (in Russian).
25. Melkiy V.A., Chernigovskiy Yu.M., Dolgopolov D.V. Marchukov V.S. Prognozirovanie vzryvnykh vulkanicheskikh izverzheniy po dannym distantsionnogo zondirovaniya [Forecasting of Explosive volcanic Eruptions by Remote Sensing data]. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geodeziya i aerofotos’yomka, 1998, No 3, pp. 123–129 (in Russian).
26. Otchyot ob ustoychivom razvitii “Sakhalin Energy Investment Company Ltd.” za 2015 god (to zhe za 2002–2016 gg.) [The report on Sustainable development “Sakhalin Energy Investment Company Ltd.” for 2015 (Similarly for 2002-2016)]. Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin Energy, 2016, 180 p, http://www.sakhalinenergy.ru/ru/media-centre/reports.wbp (in Russian).

27. Ohrana prirody, monitoring i obustroystvo sahalinskogo shel'fa [Nature protection, monitoring and development of Sakhalin shelf], Ed. M.L. Krasnyi, V.N. Hramushin, R.P. Berngardt. Yuzhno-Sakhalinsk: Sah. kn. izdat., 2001, 180 p. (in Russian).
28. Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O. Modelirovanie prirodnyh protsessov na osnove GIS "Sahalinskiy shel'f": uchebnoe posobie [Modeling of natural processes based on GIS "Sakhalin shelf": the textbook]. Yuzhno-Sahalinsk, 2008, 103 p. (in Russian).
29. Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O. Okeanograficheskiy Atlas shel'fovoy zony ostrova Sahalin [Oceanographic Atlas of the Shelf zone of Sakhalin Island]. Yuzhno-Sakhalinsk: Izd. SahGU, 2000, Vol. 1, 174 p., Vol. 2., 108 p. (in Russian).
30. Popov M.G. Rastitel'nyy mir ostrova Sahalina [Flora of the Sakhalin Island]. Ed. V.G. Hrzhanovskiy, Moscow: Nauka, 1969, 136 p. (in Russian).
31. Proekt "Sahalin-1". Otchet o deyatel'nosti v oblasti ohrany okruzhayushchey sredy v 2015 g. (to zhe za 2002-2016 gg.) [The Project "Sakhalin-1". Report on activities in the field of environmental protection in 2015 (Similarly for 2002-2016)]. Yuzhno-Sakhalinsk: Exxon Neftegaz Limited Co. Ltd, 2016, 39 p., http://www.sakhalin-1.ru/Sakhalin/Russia-Russian/Upstream/Files/2_2015_ Environmental_Report_RUS_rev1.pdf (in Russian).
32. Ryl'skiy I.A., Tikunov V.S. Perspektivy ispol'zovaniya kompleksov vozdushnogo lazernogo skanirovaniya dlya kartografirovaniya lesov [Perspectives of systems airborne laser scanning for forest mapping]. Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle, 2016, Vol. 15, pp. 104–113 (in Russian).
33. Sabirov R.N., Sabirova N.D., Melkiy V.A., Belyanina Ya.P., Kartushina E.A. Rastitel'nyy mir sahalinskogo prirodnogo zakaznika "Makarovskiy" [Vegetable world of the Sakhalin nature reserve "Makarovskiy"]. Vestnik Sahalinskogo muzeya, No 16, Yuzhno-Sakhalinsk, Sakhalin State regional Museum, 2009, pp. 302–318. (in Russian).
34. Stryuchkov V.V., Nam Kvan Su. Geoekologicheskoe kartirovanie masshtaba 1: 500 000 pribrezhno-shel'fovoy zony o. Sakhalin, provedennoe v 2000-2003 g. [Geoenvironmental mapping to scale of 1: 500 000 of coastal-shelf zone of Sakhalin, carried out in 2000-2003]. Yuzhno-Sakhalinsk: Sah. GRE, 2003, 435 p. (in Russian).
35. Taran A.A. Flora i rastitel'nost' rayonov, primykayushchih k trasse magistral'nogo truboprovoda na ostrove Sakhalin [Flora and vegetation of areas adjacent to the main pipeline route on Sakhalin Island], Yuzhno-Sahalinsk: Sakhalin Botanical Garden, Far Eastern branch of RAS, 2003, 187 p. (in Russian).
36. Tikunov V.S., Rotanova I.N., Efremov G.A., Chuntay B. Atlasnoe geoinformatsionnoe kartografirovanie: novye podkhody na primere atlasa Bol'shogo Altaya [Atlas GIS mapping: new approaches on the example of the Atlas of the Greate Altai], Interehkspo Geo-Sibir', 2016, No 7, pp. 55–62 (in Russian).
37. Tolmachyov A.I., Shishkin B.K. (ed.) Geobotanicheskoe rayonirovanie ostrova Sakhalina: Kratkiy opredelitel [Geobotanical zonation of Sakhalin Island: Short key], Moscow – Leningrad: AN SSSR, 1956, 172 p. (in Russian).
38. Chabanenko S.I. Konspekt flory lishaynikov yuga rossiyskogo Dalnego Vostoka [Synopsis of the Flora of Lichens of the South of the Russian Far East], Vladivostok: Dalnauka, 2002, 232 p. (in Russian).
39. Shmidt F.B. Sakhalinskaya flora [Flora of Sakhalin]. Trudy Sibirskoy ekspeditsii Russkogo Geograficheskogo obshchestva. Fizich. Otdel. Petersburg, 1874, Vol. 2., Ch. Botan., pp. 85–236 (in Russian).
40. Berntsen J. Users guide for a modesplit-coordinate numerical ocean model, Bergen, University of Bergen, 2004, 51 p.
41. McDonald I.R. Natural oil spills, Scientific American, 1998, 279 (5), pp. 51–66.
42. Miybe K., Miybe T. Flora of Saghalin. Publ. by Government of Saghalin, 1915, 648 p.
43. Oshima K.I., Watanabe T., Nihashi S. Surface heat budget of Sea of Okhotsk during 1987-2001 and the role of sea ice on it, J. Meteorol. Soc. Jap., 2003, Vol. 81, pp. 653–677.

44. Pyle D.M., Mather T.A., Biggs J. (eds). Remote Sensing of Volcanoes and Volcanic Processes: Integrating Observation and Modelling. Geological Society, London, Special Publications, 2013, 380, pp. 1–13.
45. Richards J.A. Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. 5th ed. Berlin: Springer–Verlang, 2013, 503 pp.
46. Sugawara Sh. Plants of Saghalinen, Toyohara Saghalien, 1937, 490 p.

УДК 528.94 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-194-204

И.П. Баранов[1], В.И. Степанова[2], О.В. Пикуленко[1]

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ АФРИКИ ПО ЕДИНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ КАРТ ПЛАСТИКИ РЕЛЬЕФА

АННОТАЦИЯ

Основная цель статьи – представить возможности метода пластики рельефа при прогнозе месторождений нефти. Метод разработан, формализован и математически подтверждён группой учёных Пущинского научного центра под руководством профессора И.Н. Степанова в 80-х г.г. XX в. [Степанов и др., 1977; Степанов, 2006] В процессе многолетнего изучения поведения литодинамических структур и систем, метод был успешно апробирован на месторождениях Краснодарского края, Астраханской области, Западной Сибири, Калмыкии, Аргентины, Венесуэлы, Кувейта, США и др. В настоящее время данный комплекс операций учёными-разработчиками метода именуется литодинамическим или палеоструктурным анализом. Метод включает в себя: технологию визуализации литодинамических структур и систем земной поверхности по горизонталям структурных, топографических и батиметрических карт; анализ форм литодинамических структур и систем; прогноз (рекомендации) положения месторождений углеводородов. На примере Африки показан анализ литодинамических структур, выявленных методом пластики рельефа и возможность их использования. В статье делается предположение о взаимосвязи крупнейших месторождений углеводородов Африки. Предложенная нами в статье схема литодинамических систем и линейных структур хоть и является картографической моделью, тем не менее, имеет высокую степень вероятности, что было доказано при исследованиях месторождений не только Африки, но и Западно-Кубанского прогиба (совместная работа с ОАО «НК «Роснефть»»), Западной Сибири (ОАО «НК «Лукойл»»), Калмыкии (ОАО «НК «Калмнефть»») и других месторождений шара (Аргентина, Кувейт, США, Казахстан). Данный метод может быть использован при поиске новых месторождений нефти и газа в пределах всей земной поверхности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Африка, нефть, метод пластики рельефа, анализ, литодинамика

ВВЕДЕНИЕ

До Второй мировой войны африканский континент в отношении нефтегазоносности рассматривался как бесперспективный. Однако открытие в 1954–1956 гг. месторождений

---

[1] Институт биологического приборостроения РАН; 142290, Россия, Московская область, Пущино, ул. Институтская, 7; *e-mail:* agroecology@inbox.ru
[2] Институт биологического приборостроения РАН; 142290, Россия, Московская область, Пущино, ул. Институтская, 7; *e-mail:* agroecology@inbox.ru

нефти и газа в Алжирской Сахаре, в 1956–1959 гг. – нефтяных месторождений в Нигерии и в 1959 г. – группы нефтяных месторождений в Ливии окончательно утвердило мнение о наличии богатых запасов нефти и газа в Африке. Теперь Алжир, Ливия и Египет входят в число 20 крупнейших мировых производителей нефти.

«Уже к 2010 году на долю Африки пришлось 30 % мирового уровня добычи жидкого углеводородного сырья и 25 % сжиженного природного газа», – заявил Рон Мобед (Ron Mobed), президент и исполнительный директор энергетического подразделения компании IHS, ведущего поставщика информации и консультационных услуг в нефтегазовой отрасли.

По ресурсам нефти первое место среди стран Африки занимает Ливия – 41% общеафриканских запасов или более 3 млрд т. Всего в Ливии открыто 140 нефтяных, 81 газовое и 28 газонефтяных месторождений. Крупнейшее из них – гигантское месторождение нефти Сарир с запасами 1068 млн т – открыто в 1961 г. Вторым по величине в этой группе месторождений является нефтяное месторождение Нассер (Зелтен) (204 млн т), открытое в 1959 г. На втором месте Нигерия – 31%. Нигерия входит в первую десятку крупнейших нефтедобывающих стран мира. Добыча нефти здесь превысила 100 млн т. Достоверные запасы нефти в стране достигают 2,7 млрд т. Запасы природного газа оцениваются в 1,2 трлн м^3. В стране выявлено более 160 нефтяных, 7 газовых и 24 газонефтяных месторождения. Они расположены в основном в дельте Нигера и в прилегающей части акватории Гвинейского залива, где было открыто 285 месторождений нефти. Добыча нефти на морских площадях значительно превышает добычу на месторождениях суши. На третьем – Алжир (14,5%). Но по запасам природного газа Алжир занимает первое место (62%), значительно опережая Нигерию (20%) и Ливию (11%). На его территории выявлено более трёх млрд м^3 газа. (15% мировых запасов). До 1948 г. добыча нефти в стране осуществлялась на единственном небольшом месторождении Тлиуане. Лишь в 50–60-е годы XX в. в Алжире были открыты крупные нефтяные и газовые месторождения. Ныне добыча нефти ведётся на 43 месторождениях. Половину добычи нефти в стране обеспечивает гигантское месторождение Хасси-Месауд (в переводе – «Колодец счастья»). Оно расположено в 690 км к юго-востоку от г. Алжир. Начальные потенциальные геологические запасы нефти оцениваются в 5 млрд т. На четвёртом – Египет. К настоящему времени открыто 46 нефтяных и 5 газовых месторождений, где 514 млн т нефти и свыше 90 млрд м^3 природного газа. Основная часть месторождений расположена в районе Суэцкого залива, на побережье залива Красного моря и Синайском полуострове. Это – крупнейшие нефтяные месторождения. В их числе – месторождение Эль-Морган с запасами нефти более 600 млн т. Около 300 млрд. баррелей нефтяного эквивалента, две трети которого находится в жидкой фазе, было разведано в Африке. 85 % этих запасов расположены в 10 тектонических бассейнах, из которых бассейн Sirte в Ливии обладает наибольшими запасами (22 % от всех запасов Африки). На сегодняшний день Алжир, Ливия и Египет входят в число 20 крупнейших мировых производителей нефти [Африка..., 1985].

Однако потенциал континента предполагает наличие и других крупных месторождений, что и будет рассмотрено в данной статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наряду с традиционными, классическими методами поиска месторождений УВ (углеводородов) используются и альтернативные – малоизвестные, отчасти субъективные, а от того и малоиспользуемые подходы. К их числу относятся: анализ данных космосъёмки и аэрофотосъёмки; морфометрия; выявление геохимических признаков присутствия УВ и др. В подавляющем своем большинстве обрабатываются данные земной поверхности, в пределах которой выявляются аномалии: морфологические, химические, условно тектонические. Нередко такие методы дают результат. Тем не менее, несмотря на низкую стоимость таких работ, почти все геологи мира предпочитают оперировать классическими способами получения информации – геофизика и бурение скважин. Конечно, прямое получение информации из створа скважин всегда даст стопроцентный результат, но стоимость каждого отверстия в

земной коре, в зависимости от глубины залегания перспективного горизонта, составляет несколько миллионов долларов. При этом положительной считается результативность бурения 10-20% или 1-2 скважины из десяти. Эффективность некоторых альтернативных методик может составлять 30-50 и более процентов, что значительно сокращает и финансовые расходы, и сроки получения результата. Напрашивается вопрос: «Почему некоторые (не все) методы не находят своего массового заказчика?» Ответ прост: «Конкуренция». Так как в большинстве добывающих компаний штат составляют классические геологи и геофизики, то разработка и совершенствование инновационных технологий искусственно сдерживается. При этом данные, полученные различными методами, могут совпадать по причине выявления неких аномалий, которые разными методами фиксируются по своему, равно как и человеку свойственно получать информацию об одном и том же предмете извне с помощью пяти чувств.

Одним из таких альтернативных методов является «Пластика рельефа». Он включает в себя: технологию визуализации литодинамических структур и систем земной поверхности по горизонталям структурных, топографических и батиметрических карт; анализ форм литодинамических структур и систем; прогноз (рекомендации) положения месторождений УВ на территории исследования. Метод разработан, формализован и математически подтверждён группой учёных Пущинского научного центра под руководством профессора И.Н. Степанова в 80-х г.г. XX в. [Степанов и др., 1977; Степанов, 2006] В процессе многолетнего изучения поведения литодинамических структур и систем, метод был успешно апробирован на месторождениях Краснодарского края, Астраханской области, Западной Сибири, Калмыкии, Аргентины, Венесуэлы, Кувейта, США и др. В настоящее время данный комплекс операций учёными-разработчиками метода именуется литодинамическим или палеоструктурным анализом. 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 литодинамических образований, большей частью скрытых многометровым слоем геологических отложений. Так как потоковые структуры и системы возникают везде, где есть градиент высот или глубин, то ими покрыта вся земная поверхность суши и Мирового океана, геологических глубинных горизонтов, образуя единый каркас земной коры. Любая форма рельефа земной поверхности является верхней частью этого каркаса.

Неоднородность земной коры представляет собой повсеместное распространение впадин и повышенных участков (горные страны и возвышенности), и чем выше градиент высот, тем стремительнее происходят процессы эрозии коры. В каждую впадину будут стремиться не только водные потоки, но и геологические массы. Это отображается на топографических, батиметрических и структурных картах дугами горных стран, осями хребтов и антиклиналей, которые изгибаются в направлении ближайших крупных впадин (аттракторов). В горной местности отображением этих процессов являются конуса выноса, на равнине речная сеть гор так же ориентируется на впадины-аттракторы. Удалённость аттрактора от горной страны не важна. Поверхностные и подземные воды, частицы аллювиальных и делювиальных наносов, геохимические элементы, горные породы образуют литодинамические, гидродинамические и геохимические потоки, которые преодолевают значительные расстояния – от десятков до нескольких тысяч километров, в зависимости от скорости перемещения и времени. В ландшафте они представлены в виде наносных образований, геохимических аномалий, водных потоков рек. Несмотря на низкую скорость в поле гравитации, огромные геологические массы также приходят в движение. Их перемещение мы можем наблюдать только в периоды землетрясений, обвалов, вулканической деятельности и оползней.

Технология «Пластика рельефа», разработанная профессором И.Н. Степановым, позволяет выявлять такие потоки, структуры и системы, используя горизонтали карт градиентов высот: топографических, батиметрических и структурных. Использование технологией математических данных рельефа, делает и саму технологию высокоинформативной. На картах

пластики рельефа можно увидеть земную поверхность в динамике, с дифференциацией на повышения и понижения. Однонаправленные и исходящие из единого центра литодинамические потоки образуют структуры. Группа однонаправленных близкорасположенных структур с единым исходящим центром образует системы. В системе структуры могут располагаться как параллельно, так и последовательно. Как правило, начало каждой системы расположено в горной местности (на суше, на дне Мирового океана, структурных горизонтах геологических отложений).

Для наглядности авторами метода изначально было принято выделять и цветом и объёмом только повышенные участки потоковых структур и систем. Понижения между потоками также учитываются в обработке информации. Детальный анализ литодинамических образований позволяет визуализировать: дельтовые и палеодельтовые структуры, формы речных наносов, вулканические потоки, погребённые возвышенности, карстовые и оползневые образования, области аккумуляции геовещества различных уровней (промежуточные и конечные аттракторы), геохимические барьеры, подземные водные потоки.

Более детальный анализ карт пластики рельефа позволяет определить местоположение участков повышенной напряжённости земной коры в виде линейных структур (ЛС), литодинамических кольцеобразных структур (ЛКС) и зон контакта литодинамических потоковых структур и систем. Все эти данные стали основанием для выявления коренных и осадочных рудных месторождений (в т.ч., золота и драгоценных минералов), прогноза нефтегазоносности. Послойное картографическое наложение вышеперечисленных критериев позволяет выявить наиболее вероятные области возникновения наилучших условий для образования залежей металлов и резервуаров УВ.

Таким образом, метод пластики рельефа повышает информативность карт изолиний, являясь математическим инструментом в изучении геологии Земли, понимании генезиса процессов природы, что позволяет производить поиск и рационально использовать ресурсы нашей планеты. Помимо этого, метод находит применение и в других направлениях жизни государства: сельское хозяйство, градостроение [Баранов, 2014], экология и территориальное планирование [Степанова, Пикуленко, 2014]. Преимущество метода состоит и в масштабности рассмотрения территории. Так, на локальном и детальном уровнях он позволяет решить конкретную задачу, а на региональном или планетарном – показать эволюцию развития материка или океана.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках договора по исследованию потокового рельефа двух месторождений на северо-востоке Нигерии, нами был проведён анализ литодинамики территории и составлен прогноз нефтегазоносности. В качестве основного инструмента использовался метод пластики рельефа. Работа проводилась по принципу от общего к частному – от положения участков в общей картине потокового рельефа региона до детального анализа и составления прогноза по каждому из лицензионных участков. Достаточно мелкий масштаб топографической карты (М 1:16 000 000) позволил охватить значительные площади для того, чтобы выявить литодинамический каркас Африки и установить, как распределены известные месторождения нефти и газа Северной и Центральной Африки относительно литодинамических потоковых структур и систем. После проведения процедуры визуализации литодинамического каркаса, на карту были нанесены участки исследования и группы известных месторождений УВ Алжира, Ливии, Египта, Гвинейского залива – рисунок 1.

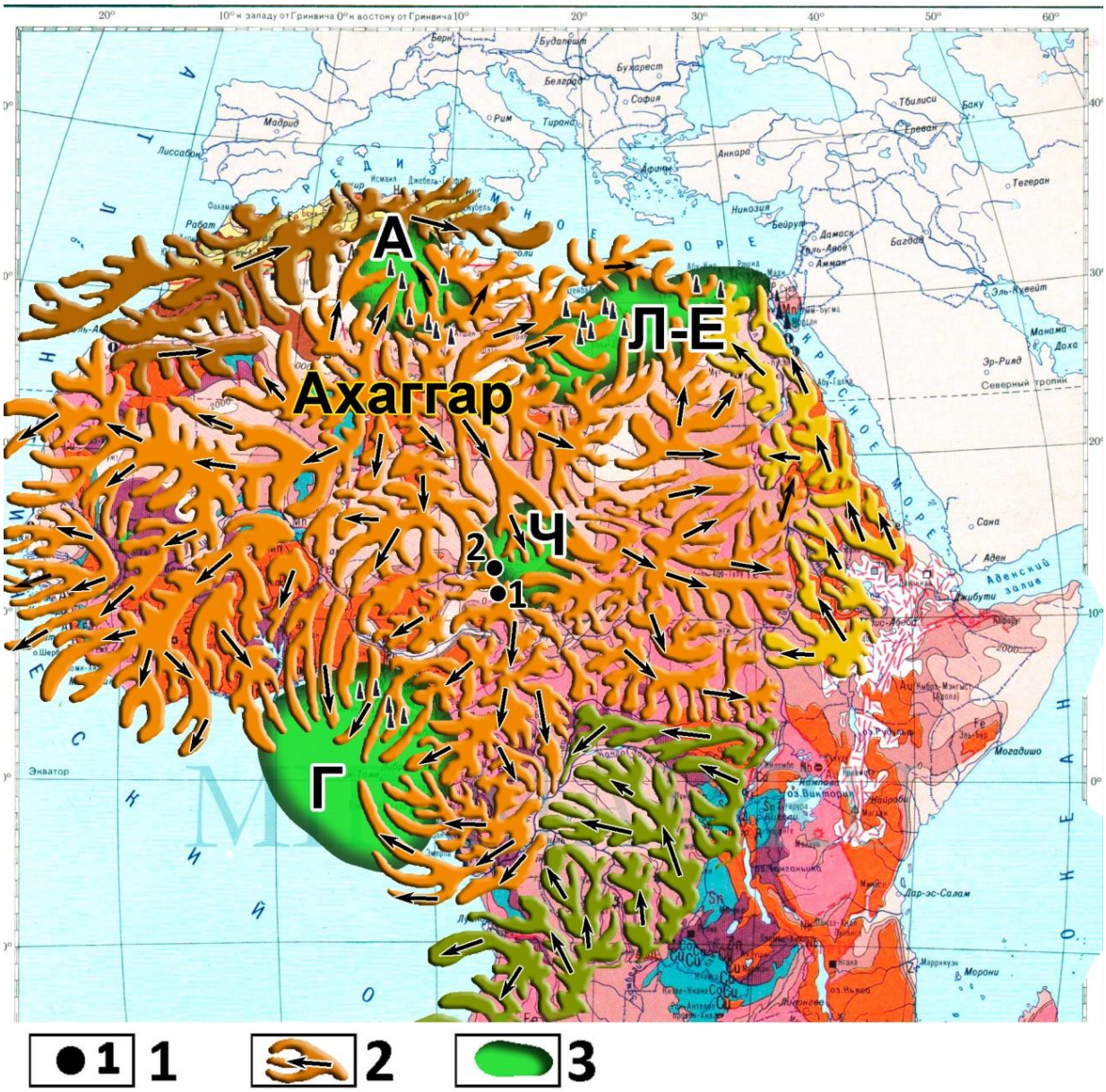


Рисунок 1. *Карта литодинамической ситуации северной части Африки. М. 1:16 000 000.*
Условные обозначения: 1 – местоположение исследуемых участков АОЕ-1 и АОЕ-2;
2 – литодинамические потоки разной направленности;
3 – впадины: А – Алжирская, Л-Е – Ливийско-Египетская, Ч – Чадская, Г – Гвинейская.
Figure 1. *Map of lithodynamic situation in North Africa. Scale 1:16 000 000.*
Legend: 1 – location of the AOE-1 and AOE-2 study plots;
2 – lithodynamic flows of different direction;
3 – trench: A – Algerian, L-E – Libyan-Egyptian, H – Chad, G – Guinean

Рисунок пластики позволил выявить принадлежность потоков-повышений и образованных ими потоковых структур к определённым системам. На рисунке 1 они показаны различными оттенками цветов. Центральное место занимает система, берущая начало в нагорье Ахаггар. Здесь расположена начальная точка расхождения потоков (репеллер), из которой потоки устремляются по всему северу Африки. Ахаггар представляет собой фундамент Сахарской платформы, вышедший на поверхность 2 млрд лет назад. Сначала нагорье было приподнято на высоту до 2 тысяч метров, а позднее расчленено глубокими тектоническими разломами, неоднократно проявляла себя вулканическая деятельность. Самая высокая точка Ахаггара – гора Тахат высотой 2918 метров.

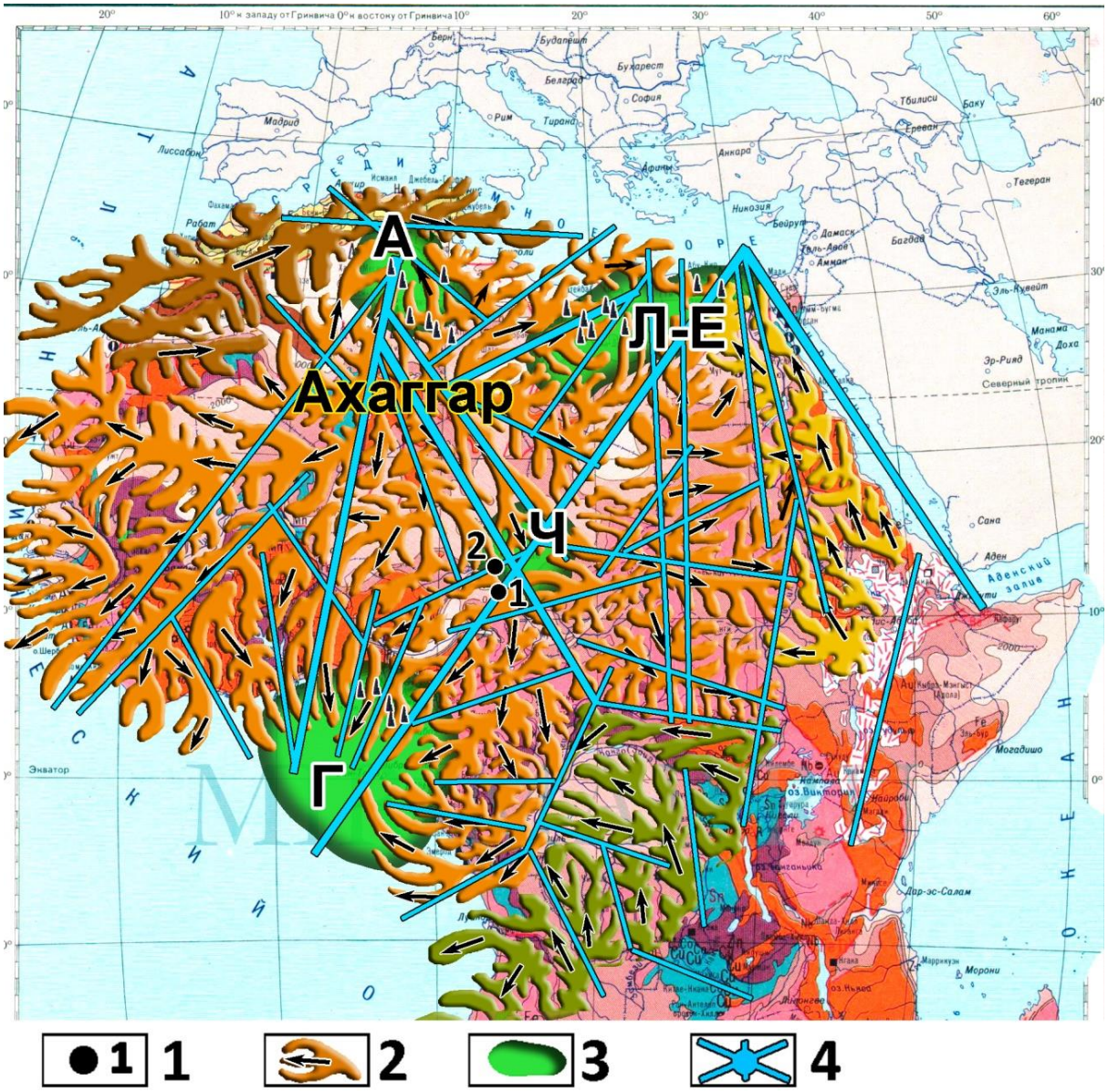


Рисунок 2. *Комплексная карта литодинамических потоков, впадин и сети линейных литодинамических структур. М 1:16 000 000.*
Условные обозначения: 1 – местоположение исследуемых участков АОЕ-1 и АОЕ-2;
2 – литодинамические потоки разной направленности;
3 – впадины: А – Алжирская, Л-Е – Ливийско-Египетская, Ч – Чадская, Г – Гвинейская.;
4 – линейные литодинамические структуры

Figure 2. *Comprehensive map of lithodynamic flows, depressions and networks of linear lithodynamic structures. Scale 1:16 000 000.*
Legend: 1 – location of the AOE-1 and AOE-2 study plots;
2 – lithodynamic flows of different directions;
3 – trench: A – Algerian, L-E – Libyan-Egyptian, H – Chad, G – Guinean.;
4 – linear lithodynamic structures

На окраинах эта система (условно назовём Ахаггарская) контактирует с менее обширными по площади системами: Алжирско-Марокканской – на севере; Египетской – на востоке и Конголезской (Центральной) – на юге. Из начальной точки (репеллера) потоки Ахаггарской системы устремляются в области крупных впадин-аттракторов, где происходит аккумуляция литологического вещества. Две впадины расположены в Атлантическом океане – на

западе и в районе Гвинейского залива. Еще две впадины представляют протяжённые аттракторы, т.к. относятся к долинам крупных рек – Нила и Конго. Следующие впадины расположены на материке: Алжирская на севере; Ливийско-Египетская и Чадская.

Наибольший интерес представляют материковые впадины и впадина Гвинейского залива. Такого внимания они заслуживают тем, что их положение совпадает с положением крупных бассейнов УВ. За исключением Чадской впадины, где только идут поисково-разведочные работы, в остальных впадинах более полувека ведётся промышленная добыча нефти, газа и газоконденсата.

Помимо потоков распределения литологического вещества в поле гравитации, пластика рельефа позволяет выделить и линейные зоны напряжённости земной коры – рисунок 2.

Как правило, выделяются такие структуры по следующим признакам: по протяжённым линейным впадинам или цепочкам впадин, выстраивающимся в линию; по протяжённым литодинамическим потокам-повышениям или группе потоков, расположенных и ориентированных в одном направлении. Линейные впадины или повышения могут местами прерываться, но общий вектор тренда будет преобладать. Как показано на карте (рисунок 2), линейные структуры устремлены во впадины, в которых они образуют узлы схождения или распределения. Это даёт возможность установить следующую закономерность – впадина Чада в такой схеме занимает центральное положение. Линеаменты, исходящие или пересекающие её, устремлены к другим трём нефтегазоносным впадинам, что позволяет предположить не меньшую перспективность Чадской впадины на наличие УВ, чем связанных с нею линейными структурами открытых месторождений Алжира, Ливии, Египта и Нигерии.

При этом линейные структуры могли играть роль каналов, по которым мигрировали углеводороды. Данное предположение основано на том, что Чадская впадина была сформирована в период становления кристаллического фундамента Африки. Древние кристаллические породы фундамента, прикрытые четвертичными отложениями, местами выходят на поверхность в виде отдельных гранитных холмов и скал. В нынешнем состоянии озеро Чад представляет собой остаток намного более крупного древнего водоёма – Мега-Чада, акватория которого достигала 300—400 тыс. км². Точный возраст Мега-Чада пока уточняется по мере исследований (в частности, при помощи радиоуглеродного анализа), но уже известно, что за последние 12 тысяч лет площадь Чада минимум трижды очень сильно возрастала. 7 тысяч лет назад, в период максимального разлива, Мега-Чад простирался на сто километров на северо-восток (примерно, до Файя-Ларжо), занимая площадь около 1 миллиона км², и был связан с Атлантическим океаном через цепочку рек Майо-Кеби→Бенуэ→Нигер. Это также объясняет, каким образом в озеро Чад попали ламантины [Дмитревский, 1967], [Дмитревский и др., 1979].

Долгие годы во впадине шло накопление органического вещества, что привело к формированию здесь значительной по площади области генерации УВ. В дальнейшем, посредством линейных зон напряжённости земной коры (тектонических разломов?), углеводороды могли мигрировать из Чадской котловины в соседние области, занимая наиболее благоприятные по пористости горных пород участки. На основании данной модели линейных структур нами было сделано предположение о наличии различных по площади перспективных областей, в пределах которых происходит пересечение двух, трёх и более линейных структур – рисунок 2.

Рассмотрим основные условия формирования месторождений УВ Алжира, Ливии, Египта и Нигерии в свете предложенной нами картографической модели.

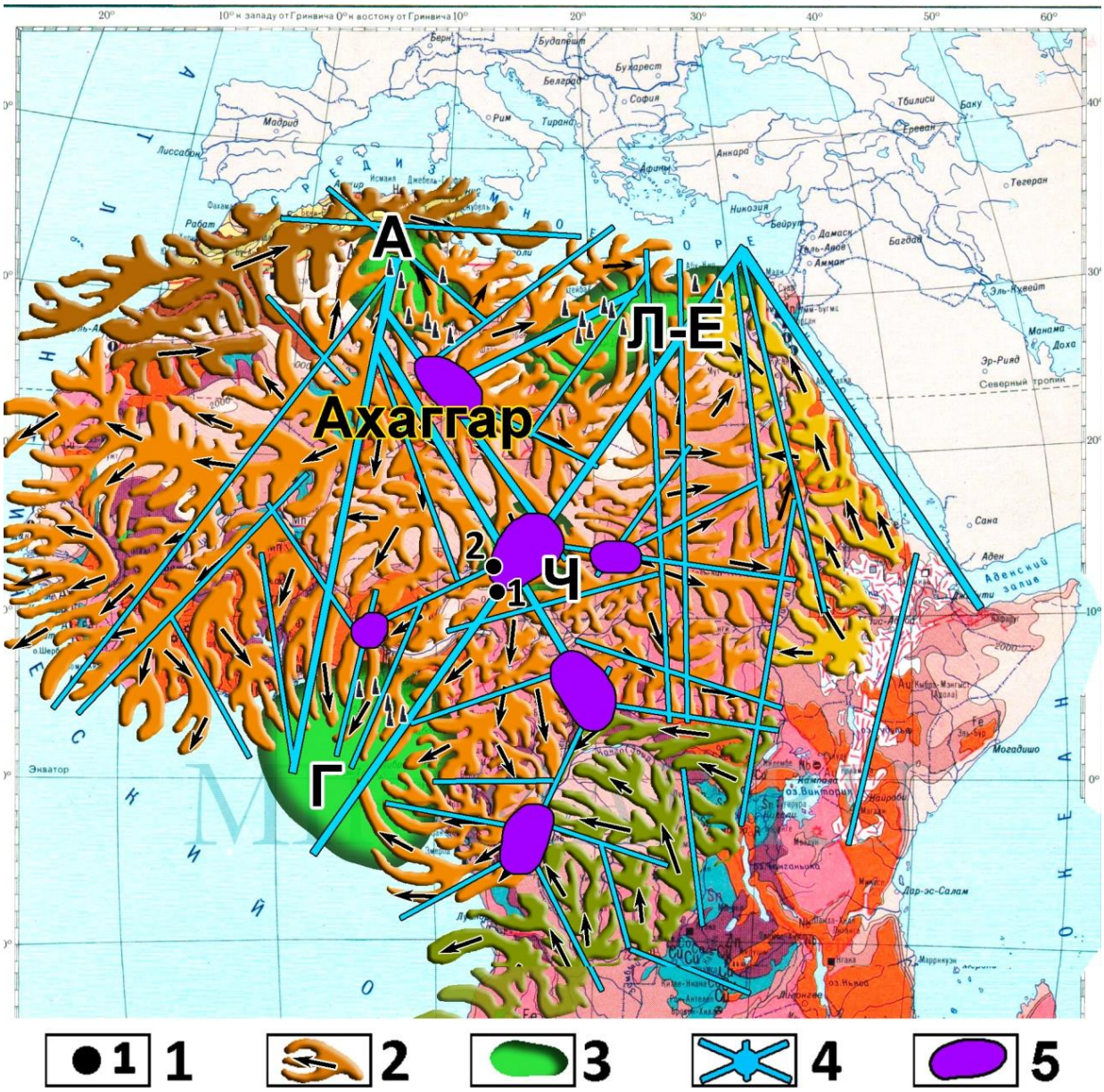


Рисунок 3. *Прогнозная карта месторождений УВ Северной и Центральной Африки. М 1:16 000 000.*

Условные обозначения: 1 – местоположение исследуемых участков АОЕ-1 и АОЕ-2;
2 – литодинамические потоки разной направленности;
3 – впадины: А – Алжирская, Л-Е – Ливийско-Египетская, Ч – Чадская, Г – Гвинейская.;
4 – линейные литодинамические структуры; 5 – прогнозные области

Figure 3. *Forecast map of hydrocarbon deposits in North and Central Africa. M 1:16 000,000.*

Legend: 1 – location of the AOE-1 and AOE-2 study plots; 2 – lithodynamic flows of different direction;
3 – trench: A – Algerian, L-E – Libyan-Egyptian, H – Chad, G – Guinean;
4 – linear lithodynamic structures; 5 – predicted regions

Алжир и Ливия. Месторождения этих двух стран приурочены к Алжиро-Ливийскому нефтегазоносному бассейну. Расположены они большей частью на северо-востоке и северо-западе Сахарской области. Часть ливийских месторождений относится к области Сирт, которая является частью Сахаро-Средиземноморского нефтегазоносного бассейна. Крупнейшее месторождение нефти — Хасси-Месауд локализовано в песчаниках кембрия-ордовика. Другие древние месторождения также приурочены к тому же периоду. Нефти лёгкие (до 840

кг/м^3), малосернистые. Более молодые залежи расположены в отложениях нижнего триаса, мела и палеоцена.

Обратим внимание на перспективные древние отложения кембрия-ордовика. Они интересны тем, что сам кембрий представлен кристаллическими метаморфизированными песчаниками, который не может являться основой (материнской породой) для генерации УВ. Нижние этажи представлены архейскими гранитами. Откуда тогда здесь могла появиться нефть, причём, в значительном количестве? Геологи выдвигают две гипотезы – нефть могла прийти из отложений ордовика или из недр Земли, подтверждая теорию о неорганическом происхождении УВ. Мы же считаем, что наличие в кембрийских породах месторождений обусловлено глобальной латеральной миграцией углеводородов из области Чадской впадины по каналам напряжённости земной коры.

Египет. Здесь нефть выявлена в отложениях от палеозоя (девон) до кайнозоя (миоцен). Вполне вероятно, что и здесь старшие месторождения девона сформировались в течение длительной латеральной миграции УВ из Чадской впадины.

Нигерия. Месторождения – многопластовые, глубина залегания продуктивных пластов на суше – 1500-2000 м, на шельфе – 2500-3600 м. Ловушки структурного типа, а также тектонически экранированные, что подтверждается высокой концентрацией линейных структур. Помимо этого, выявленные по карте пластики рельефа палеодельтовые литодинамические структуры Нигера и Конго в пределах шельфа подтверждают длительность процессов накопления органических отложений. Попадая в области высокой напряжённости земной коры с благоприятным температурным режимом, органическое вещество проходило стадию преобразования в УВ, с дальнейшим заполнением высокопористых песчаников свит агбада (пористость 40%) и бенин, являющихся основой литодинамический палеодельт.

На основании карты литодинамики и схемы линий напряжённости земной коры нами сделан прогноз нефтегазоносности северной и центральной частей Африки – рисунок 3. Большинство из прогнозных областей расположены в пределах тяжёлых условий пустыни или влажного климата. Эти данные требуют дополнения геологическими данными. Но выявленные методом пластики рельефа закономерности могли являться основой для пересмотра потенциала данных перспективных территорий.

ВЫВОДЫ

Сегодня Африка занимает далеко не последнее место в когорте нефтедобывающих районов мира с её 12 процентами разведанных на планете запасов нефти и 11 процентами мирового объёма добычи. Темпы роста разведанных месторождений и масштабов добычи говорят о том, что в будущем столетии роль Африки в нефтяных вопросах будет только расти. Предложенная нами схема литодинамических систем и линейных структур хоть и является картографической моделью, тем не менее, имеет высокую степень вероятности, что доказывалось при исследованиях месторождений Западно-Кубанского прогиба (совместная работа с ОАО «НК «Роснефть»»), Западной Сибири (ОАО «НК «Лукойл»»), Калмыкии (ОАО «НК «Калмнефть»») и месторождений земного шара (Аргентина, Кувейт, США, Казахстан и др.). Данный метод может быть использован при поиске новых месторождений нефти и газа в пределах всей земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Африка в цифрах (Статистический справочник). – М.: Наука, 1985. – 422 с.
2. *Балуховский А.Н., Ронов А.Б., Хаин В.Е.* Атлас литолого-палеогеографических карт мира. Мезозой и кайнозой континентов и океанов. – Л., 1989.– 89 с.
3. *Баранов И.П.* Использование концепции пластики рельефа в решении проблем современного градостроения // Сборник материалов международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС 20». – Белгород, 2014. – С. 505–517.

4. *Божко Н.А., Милановский Е.Е., Хаин В.Е., Поникаров В.П.* Геология и полезные ископаемые Африки. – М.: Недра, 1973. – 544 с.
5. *Дмитревский Ю. Д.* Внутренние воды Африки и их использование. – Л., Гидрометеоиздат, 1967. – 380 с.
6. *Дмитревский Ю. Д., Олейников И. Н.* Озёра Африки. – Л., Гидрометеоиздат, 1979. – 184 с.
7. *Дю Тойт.* Геология Южной Африки. – М.: Издательство иностранной литературы, 1957. – 490 стр.
8. *Мазарович А.Н.* Основы региональной геологии материков в 2 томах. Часть 2. Южные материки, океаны и общие закономерности развития структуры земной коры. – М.: Московский Университет, 1951.– 490 с.
9. *Степанов И.Н. и др.* 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.
10. *Степанов И.Н.* Теория пластики рельефа и новые тематические карты. – М.: Наука, 2006. – 230 с.
11. *Степанова В.И., Пикуленко О.В.* Территориальное планирование экологических поселений с помощью карт пластики рельефа // Материалы международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС 20». – Белгород, 2014. – С.536–543.
12. *Thomas Schluter.* Geological Atlas of Africa. – Springer, 2008. – 307 p.

Igor' P. Baranov[1], **Vera I. Stepanova**[1], **Olga V. Pikulenko**[1]

REVEALING REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF HYDROCARBON DEPOSITS OF AFRICA ON A SINGLE TECTONIC-BASED NETWORK USING MAPS OF RELIEF PLASTIC

ABSTRACT

The main purpose of the article is to present possibilities of the method of relief plastic with the forecast of of oil deposits. The method is developed, formalized and mathematically confirmed by the group of scientists of Pushchino scientific center headed by Professor I.N. Stepanova in the 80-ies of 20th century [Stepanov et al.*, 1977; Stepanov, 2006] In the process of long-term studies of the behavior of lithodynamic structures and systems, the method was successfully tested in the fields of Krasnodar Region, Astrakhan Region, Western Siberia, Kalmykia, Argentina, Venezuela, Kuwait, USA, etc. Currently, this set of operations is called by scientists-developers of the method lithodynamic or paleostructural analysis. The method includes: the imaging technology of lithodynamic structures and systems in the Earth's surface by contours of the structural, topographic and bathymetric charts; analysis of the forms of lithodynamic structures and systems; outlook (recommendations)of the provisions of the hydrocarbons. The case study of Africa has highlighted the analysis of the lithodynamic structures identified by the method of relief plastic and the possibility of their use. It is assumed that the largest deposits of hydrocarbons in Africa are interrelated. Our roadmap of lithodynamic systems and linear structures, though just a cartographic model, however, has a high degree of probability that has been proven in research fields not only in Africa but in the West Kuban trough (joint work with JSC "NK Rosneft"), West Siberia (JSC "LUKOIL"), Kalmykia (JSC "NC "Kalmneft"") and other deposits of the globe (Argentina, Kuwait, USA, Kazakhstan). This method can be used in the search for new oil and gas deposits within the earth's surface.*

[1] Institute of Biological Instrument RAS; 142290, Russia, Pushchino Moscow Region, Institutskaya 7;
e-mail: agroecology@inbox.ru

KEYWORDS:

Africa, oil, the method of plastic relief, analysis, lithodynamic

REFERENCES

1. Africa v tsifrah (Statisticheskiy spravochnik) [Africa in numbers (Statistical directory)], Moscow: Nauka,1985, 422 p. (in Russian).
2. Baluchowsky A.N., Ronov A.B., Khain V.E. Atlas litologopaleogeograficheskih kart mira. Mezazoj i kajnozoj kontinentov i okeanov [The Atlas of lithologic-paleogeographic maps of the world. Mesozoic and Cenozoic of continents and oceans], Leningrad, 1989, 89 p. (in Russian).
3. Baranov I.P. Ispolzovanie kontsepcii plastiki reljefa v reshenii problem sovremennogo gradostroenija [Using the method of plastic relief in solving problems of modern urban planning], Sbornic materialov mezhdunarodnoj konferencii “InterCarto/InterGis 20”, 2014, Belgorod, pp. 505–517 (in Russian).
4. Bozhko N.A., Milanovsky E.E., Khain V.E., Ponikarov V.P. Geologija i poleznye iskopaemye Afriki [Geology and mineral resources of Africa]. Moscow: Nedra, 1973, 544 p. (in Russian).
5. Dmitrevskiy U.D. Vnutrennie vody Afriki i ih ispolzovaniye [Inland waters of Africa and their use], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1967, 380 p. (in Russian).
6. Dmitrevskiy U.D., Olejnikov I.N. Ozyora Afriki [Lakes of Africa], Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979, 184 p. (in Russian).
7. Du Tojt. Geologija Uzhnoj Afriki [Geology of South Africa], Moscow: Izdatelstvo inostrannoj literatury, 1957, 490 p. (in Russian).
8. Mazarovich A.N. Osnovy regionaknoj geologii materikov v 2 tomah. Chast 2. Uzhnie materiki, okeany i obschie zakonomernosti razvitija struktury zemnoj kory [Fundamentals of regional Geology of continents in 2 volumes. Part 2. The south continents, oceans and general laws of development of the Earth crust structure], Moscow: Moskovskij Universitet, 1951, 490 p. (in Russian).
9. Stepanov I.N. *et al.* Metodika sostavlenija serii srednemasshtabnyh tematicheskih kart “Prirodno-meliorativnaja b selskohozajstvennaja ocenka Crednego regiona SSSR” [Methods of compiling a series of medium-scale thematic maps of “Natural reclamation and agricultural assessment of the Middle region of the USSR”], Matetialy Vsesouznoj konferencii “Otsenka prirodno-meliorativnyh uslovij i prognoz ih izmenenij. Pushchino”, 1977, pp. 23–93 (in Russian).
10. Stepanov I.N. Teorija plastiki reljefa i novye tematicheskie karty [The theory of plastic relief and new thematic maps], Moscow: Nauka, 2006, 230 p. (in Russian).
11. Stepanova V.I., Pikulenko O.V. Territorialnoje planirovanije ekologicheskih poselenij s pomoschyu kart plastiki rel’efa [Territorial planning of ecological settlements using cards of plastic relief], Materialy megdunarodnoj konferencii “InterCarto/InterGis 20”, 2014, Belgorod, pp. 536–543 (in Russian).
12. Thomas Schluter. Geological Atlas of Africa. Springer, 2008, 307 p.

ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

PROBLEMS OF GEOGRAPHICAL EDUCATION

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-205-210

Maya Wasileva[1], Kliment Naydenov[2], Dimitar Atanasov[3]

CONTEMPORARY TRENDS IN GEOGRAPHICAL EDUCATION

ABSTRACT

The geography includes rich, diverse and comprehensive themes that give us an understanding of our changing environment and interconnected world. It includes the study of the physical environment and resources; cultures, economies and societies; people and places; and global development and civic participation. As a subject, geography is particularly valuable because it provides information for exploring contemporary issues from a different perspective. This geographical information affects us all at work and in our daily lives and helps us make informed decisions that shape our future. All these facts result in a wide discussion on many topical issues in contemporary geography didactics. Subjects of research are the new geography and economics curriculum as well as construction of modern learning process. The paper presents briefly some of the current trends and key issues of geodidactics. As central notions we consider and analyze the training/educational goals, geography curriculum, target groups and environment of geography training, training methods as well as the information sources used in geography education. We adhere that all the above-mentioned finds its reflection in planning, analysis and assessment of education and thus in its quality and effectiveness.

KEYWORDS:

geography, environmental education and intercultural learning, geography curriculum, global learning

INTRODUCTION

The main question for the goals of geography training is associated currently with a prior coordination of “key qualifications” which are required from modern society, with environmental education and intercultural learning, global learning and ensuring value orientation (e.g. key issues of present and foreseeable future, “key qualifications”) [Köck H., 1993, pp. 14–22]. Moreover, main purpose and contribution of geographic education is development of spatial key qualification, i.e. the competence for activity and proper behavior in geographic space. For geography and economics curriculum it implies a strong orientation to activities and tasks for the students, which should be in sync with their present and future life and work. In particular, in schools there must be developed pupils’ subject-thematic, methodological, social and moral competence as well as different activity competences.

[1] Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Geology and Geography, Department of Regional development; Sofia, Bulgaria; *e-mail:* mayawasileva@abv.bg
[2] Sofia University “St. Kliment Ohridski”, Faculty of Geology and Geography, Department of Regional development; Sofia, Bulgaria; *e-mail:* kl.naydenov@gmail.com
[3] Bulgarian geographical society; Sofia, Bulgaria; *e-mail:* mitoatan@abv.bg

MATERIALS, METHODS AND RESULTS OF RESEARCH

According to prof. Holtz [Basha S.A.S., 2004] geography education and training has the following two sets of aims.

Practical aims

- Knowledge of the land through geography
- Using geography knowledge it is possible to bring about industrial and agricultural development
- To have a proper idea of various geographical factors that influence our life
- To have a correct idea of the geographical references that occur in the books and newspapers
- To inculcate in pupils/students a desire for undertaking travelling and tourism

Cultural aims

- To develop the feeling of patriotism
- To develop love for nature and capacity to understand and appreciate the natural beauty, physical forces, etc.
- To develop the ideal of world citizenship, universal brotherhood, cooperation amongst human beings and sympathetic outlook for others
- Adjustment of human life according to the geographical circumstances

Geography science plays a leading role in development of environmental education objectives and students (pupils) learn basic issues related to environment and sustainable development (e.g. climate change, deforestation, land degradation and desertification, depletion of natural resources, biodiversity loss, overpopulation, food security, drought, poverty, and urban decay). Environmental issues suggest a stronger alignment and compliance of environmental education with geography training and scientific exploration of "sustainable development" concept. And it is not a fact to increase the number of environmental topics but to encourage teaching and training the relevant knowledge and skills so to build environmentally relevant values and point of view, to stimulate specific environmental experience and environmental activities [Haubrich W., 2002, pp. 161–166].

Intercultural learning is an area of research, study and application of knowledge about variety of cultures, their differences and similarities. Intercultural learning involves stimulation of understanding of foreign cultures, as well as their reflection [Kirchberg, 1998b, p. 86]. The geography as curriculum subject is closely related to intercultural and international education [Flath M., Fuchs G., 1994]. Intercultural learning includs (as theoretical and academic approach) the practical applications such as how to learn to negotiate with people from different cultures (e.g. "Geography of business communications").

Global learning and nature conservation as leading new ideas in geography education coordinate the increasing global interactions and interrelationships, and also the idea of uniting the world, to reduce the distance between spaces, limiting the imbalance in global development [Kirchberg G., 1998, p. 86]. Global learning supports the geography education with new topics such as social justice, conflict resolution, human rights, global citizenship etc.

The starting point for conscious and responsible behavior in space is to develop value orientation in geography training and education [Böhn D., 1999]. In geography training as educational objectives and curriculum the following values are defined:

- Universal value (e.g. understanding between nations);
- Critical-emancipatory value (e.g. maturity);
- Ecological value (e.g. nature conservation);
- Religious values (e.g. awe of creation);
- Political value (e.g. democracy).

Considering content matter contemporary geography didactics discusses issues such as the ratio between the general and regional geography in curriculum, regional differentiation of the globe,

increasing importance of the homeland/fatherland and Europe/European space in geographic science.

Regional geography focuses on regions of various sizes across the earth's landscape and aspires to understand the unique character of regions in terms of their natural and cultural attributes. The subject of discussion is the role of general and regional geography in geography curriculum. The focus is on spatial relationships within any field of study such as regional economics, resource management, regional planning and landscape ecology. According to some authors the regional component should be more strongly presented in current geography curriculum, and on the contrary – other researchers point out that general geographic approach is more fruitful in dealing with geographical issues considering the intensive contemporary globalization. The approach that combines both concepts is the "regional-global" [Rinschede G., 2007, p. 32].

Regional differentiation of the globe and the criteria under which it is studied within geography and economics curriculum are another topical issue of modern geography didactics. It is discussed above all distinctions based on level of economic development (industrial, reforming, developing countries), according to cultural traits (10 cultural spaces), according to the "community" as a living space for all people (one world for all) [Engelhard K., 1995, pp. 107–118].

In contrast to the increasing globalization in modern geography didactics the notions of "home" and "homeland" are being rediscovered [Frank F., 1993, pp. 113–122]. This is due to the fact that the surrounding area is the region in which pupils (students) mostly and with priority experience geography. This is the space for implementation of "geographic activity" and to gain "geographic experience" in learning process. This is the space in which geography could find immediate application [Kirchberg G., 1998b, p. 87]. Above all, it is the important neighboring space which allows implementation of spatial transfer in the learning process and thus the best comparison between close and distant world could be achieved [Rinschede G., 1998, pp. 245].

The topic "Europe" (considering the European integration) has gained an increasing importance. Thus the need to limit the study of European regions (as distinct spatial areas) as well as the detailed study of states is being discussed. In contrary, we have to seek the possibilities for geographical representation of Europe in educational curriculum as an entirety, as a complete cultural and economic space which has undoubtedly its regional differences. It is estimated that each general geographic theme in educational programs should be supplemented by its European dimension, to be related to European perspective, cooperation and relationships [Kirchberg G., 1998, p. 87].

When speaking about general geographic educational content, the understanding of natural geographic systems and processes comes to the fore which in turn leads to substantial neglection of social geography. However, many authors (here and abroad) enhance the idea of a strong overlap of natural geography in training process of geography teachers, and also in geography curriculum [Kirchberg G., 1998, p. 85].

It is important for modern geography didactics (when we discuss the question of the target group and environment of geography training) to study the following factors such as changed childhood and adolescence, the changed "outer" world of children and young people (family, games and free time, specific of information society, experience in space, etc.). These changes force children and young people to be more independent and achieve "complete personality", to be more informed and interested, to become more conscious, active and full of ideas [Kirchberg G., 1998, p. 86]. As a consequence of mentioned above the impact on geography education results in seeking opportunities for "dissolution" of training, for its practicing outside schools, to its orientation to business.

The important question about methods of modern geography didactics enhanced serious discussion on issues such as cooperative learning, change of perspective in education, aesthetic education of Postmodernism. Inter-subject cooperation, interdisciplinarity and development of cross-curriculum interrelations in geography training are of a particular interest for geography didactics. This is due to the fact that geography can not and should not be studied in isolation from other subjects, and to the fact that the world and everyday life are not "divided" in subjects. Inter-subject cooperation should be clearly outlined in the curriculum by "unifying line" and the methodological

guidelines for unification with other relative to geography subjects. That could be achieved, e.g. by using guidelines for implementation of the cross-curriculum projects, and also for the implementation of bilingual education.

The change of perspective or multiple perspective are key words for geography teaching and their meaning is to view space, topics and problems not only from a single perspective. The methodology of change of perspective directs students (pupils) to other points of view on other cultures, environmental issues, tourism (both as travelers and those who accommodate visitors) or on urban planning.

The Postmodernism puts forward a universally valid truth in science – pluralism and multiplte perspective. Individual life experience and personal life world are at the center of postmodern geography didactics. Postmodern geo-didactical scientists adhere to the idea of rediscovering the sense of a new unification of rational and emotional, understanding and feelings. The so-called aesthetic education/training comprises multiple sensory perception marked by sensations and feelings of our consciousness [Birkenhauer J., 1993, p. 216–230].

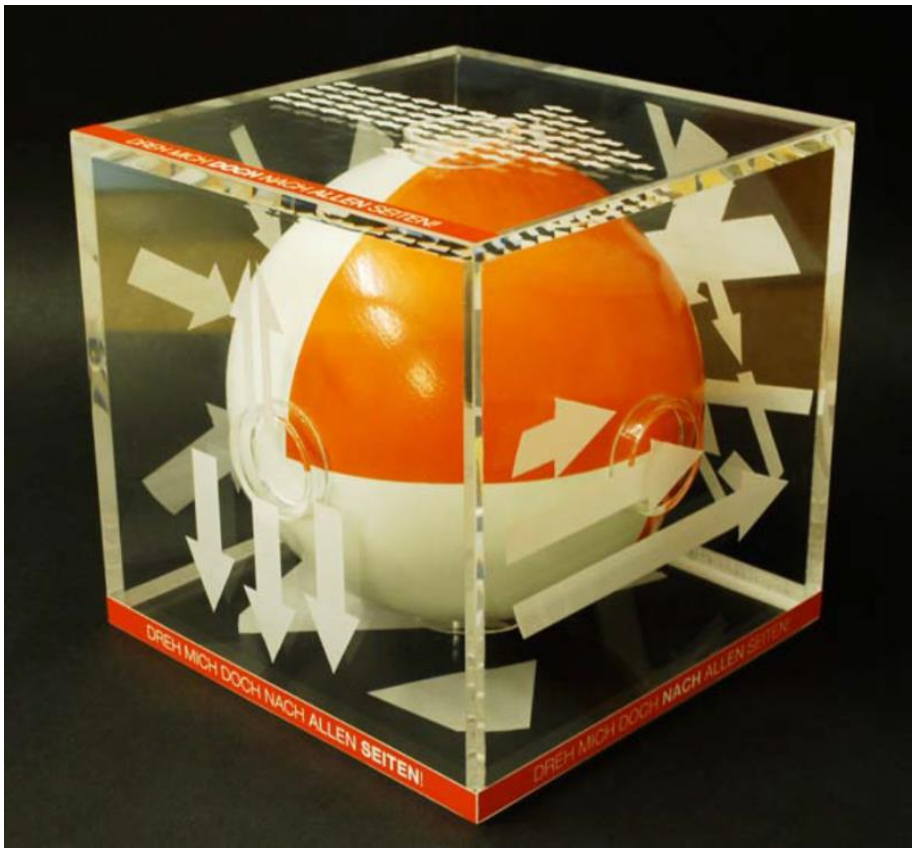


Figure 1. *"Cube Jena" [Schneider A., 2011]*

Considering the above-mentioned it is worth analyzing the concept of "Cube Jena" which adaptation and implementation in Bulgaria will be useful in three main areas (figure 1):

1. In didactical and methodological aspect the concept can be used as a basis for the introduction of "key problems" of contemporary society in geography curriculum and they are the main research object (and goal) of geography education in secondary schools and universities.
2. The concept proposes the steps for planning and implementation of problem-oriented (problem-centered) educational process in geography training.

3. The concept provides real possibilities to study geography objects in their entity and simultaneously "rotating the Cube" – a real possibility to research all "hidden" aspects and features of geographical objects.

The presented concept is an object of thorough study in another publication [Vasileva M. *et al.*, 2016].

In the future there is a strong need of cultivating specific methodical competence and respectively in geography training it must be also implemented and improved precisely because it enhances the efficiency of training [Flath M., 2004, pp. 68–71).

A question of interest is the role of information sources in teaching geography. This is due to the fact that the issuing and processing of information as well as communication forms change and develop globally. Inevitably geography training has to respond as students (pupils) are anyway faced with new technologies in their everyday life. That is why new sources of information and technology should find their place in the new curriculum in geography and economics so that students can learn to work being competent, critical, conscious and responsible with them [Schleicher Y. (Hg.), 2004].

CONCLUSIONS

In conclusion, it should be noted that the geographical education should provide knowledge, skills and attitudes that enable students to understand the human-environment-society processes and interaction in the world. The main goal is to achieve comprehensive geographic literacy. Geography education should provide knowledge and skills through which students act as responsible citizens in terms of complex key issues that are of great ecological, social, cultural, economic and political importance. Geography teachers are encouraged to use various innovative tools in training process and thus to ensure a higher quality of geography education. These goals can be obtained by continuous research, constant efforts to improve the existing situation, finding new ways and forms of education as well as continuous monitoring and evaluation of school geography. Nowadays we are witnessing a parallel change in teaching and learning geography science in secondary schools and universities. Geography curriculum in secondary and higher education must conform to the expectations of business and science and that's why students need to acquire knowledge and skills that make them competitive. And finally, all highlighted above is the main reason to deepen our future research on issues related to geography didactics.

REFERENCES

1. Basha S.A.S. Methods of Teaching Geography, Discovery Publishing Pvt.Ltd, 2004, 47 p.
2. Birkenhauer J. Die sogenannte "Postmoderne" – ein Paradigmenwechsel für die Erdkunde? In: GuiD, 21, 1993, Jg., H. 4, pp. 216–230 (in German).
3. Böhn D. Weitererziehung. In: D. Böhn (Hg.): Did. d. Geogr. Begr. München (Oldenb.), 1999, pp. 174–175 (in German).
4. Engelhard K."Eine Welt" oder "Keine Welt" ist keine Alternative. In: J. Bünstorf u. E. Kross (Hg.): Geographieunterricht in Theorie und Praxis, GB, NR, H. 44, Gotha (Perthes), 1995, pp.107–118 (in German).
5. Flath M. Entwicklung von Lesekompetenz im Geographieunterricht. In: GH, 25. Jg., H. 222, 2004, pp. 68–71 (in German).
6. Flath M., Fuchs G. (Hg.) Die Erde bewahren – Fremdartigkeit verstehen und respektieren. GB, NR, H. 39, Gotha (Klett-Pethers), 1994 (in German).
7. Frank F. Heimat – Überlegungen zur Renaissance eines Begriffes im Erdkundenunterricht. In: GuiD, 21. Jg., H. 3, 1993, pp. 113–122 (in German).
8. Haubrich H. In der Schule von heute: Nachhaltig Geographie lernen. In: E.Ehlers u. H.Leser: Geographie heute – für die Welt von morgen. Stuttgart (Klett–Perthes), 2002, pp. 161–166 (in German).

9. Kirchberg G. Neue Impulse für die Geographielehrpläne vor der Jahrhundertwende. Zs. f. d. EK, 50. Jg., H. 2, 1998, pp. 84–89 (in German).
10. Köck H. Raumbezogene Schlüsselqualifikationen – Der fachimmanente Beitrag des Geographieunterrichts zum Lebensalltag des Einzelnen und Funktionieren in der Gesellschaft. In: GS, 15. Jg., H. 84, 1993, pp. 14–22 (in German).
11. Rinschede G. Globale Minderheitenprobleme – Möglichkeiten der Behandlung im Geographieunterricht. Regensb. Beitr. z. Did. d. Geogr., Bd. 4, Regensb., 1998, pp. 239–248 (in German).
12. Rinschede G. Geographiedidaktik, 3. Aufl. Paderborn-München-Wien-Zürich (Schöningh), 2007 (in German).
13. Schleicher Y. (Hg.) Online-Exkursionen – Expertenbefragungen im Internet. In: Y.Schleicher (Hg.): Computer, Internet & Co. im Erdkundenunterricht, Berlin (Cornelsen-Scriptor), 2004, pp. 56–60 (in German).
14. Vasileva M., Poleganova D., Tzankova L. “Cube Jena” – about the perspectives in geography education, In: The 4th Romanian – Bulgarian – Serbian Conference – Geographical Research and Cross-Border Cooperation within the Lower Basin of the Danube, Vidin – Bulgaria, 15–17 September 2016, 2016.

УДК 616.89 + 159.9 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-210-224

М.Р. Арпентьева[1]

КИБЕРНЕТИКА И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: КИБЕРНЕТИКА ОБУЧЕНИЯ И ОБУЧЕНИЕ КИБЕРНЕТИКЕ

АННОТАЦИЯ

В работе современного географа значительное место занимают компьютерные и медиатехнологии, а в географическом образовании важное место занимает обучение кибернетическим дисциплинам и дисциплинам, предполагающим применение компьютерных технологий. Современное географическое образование предполагает широкое внедрение инновационных технологий, позволяющих обучающимся полно и глубоко понимать предмет и способы профессиональной деятельности, а также эффективно и продуктивно действовать, опираясь на это понимание. Компьютерные технологии выступают как важное условие получения качественного профессионального образования, а также важное средство профессиональной деятельности современного специалиста-географа. Статья посвящена сравнению трёх современных подходов к изучению и оптимизации обучения кибернетике и программированию в рамках географического образования: 1. подход, посвящённый исследованию «стилей обучения», 2. метакогнитивный подход к обучению кибернетике и программированию и 3. интерсубъективный, эвергетический или собственно кибернетический подход. Отмечаются их достоинства и ограничения в контексте географического образования, их внешние различия и внутреннее единство как форм повышения продуктивности и условий осуществления диалогического взаимодействия ученика и учителя в контексте получения качественного географического образования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

географическое образование, кибернетика, контекстное обучение, интерсубъективное обучение, метакогнитивное обучение

---

[1] Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского; 248023, ул. Разина Ст., 22/48, 809 ауд.; *e-mail:* mariam_rav@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Педагогика кибернетики и кибернетика педагогики в географическом образовании

Современное географическое образование предполагает широкое внедрение инновационных технологий, позволяющих обучающимся полно и глубоко понимать предмет и способы профессиональной деятельности, а также эффективно и продуктивно действовать, опираясь на это понимание. В работе современного географа значительное место занимают компьютерные и медиатехнологии, а в географическом образовании важное место занимает обучение кибернетическим дисциплинам и медиатехнологическим знаниям и умениям. Компьютерные технологии выступают как важное условие получения качественного профессионального образования, а также важное средство профессиональной деятельности современного специалиста-географа. Педагогика кибернетики и кибернетика педагогики – два феномена, связанных сейчас в единый феномен, во многом определяющий качество современного образования как в сфере собственно кибернетики и программирования, так и иных дисциплин, предполагающих интенсивное применение кибернетических, компьютерных, теорий, технологий и устройств. Географическое образование и географическая деятельность насыщены такими технологиями и устройствами и в будущем будут ими наполняться и реализовываться ещё в большей мере, позволяя повышать качество деятельности профессионалов и качество их образования.

Качество образования и качество выполнения профессиональных задач – важный момент современных исследований в педагогике и кибернетике. Современная педагогика и современная кибернетика уделяют много внимания общим и частным особенностям обучения человека. В современной практике обучения кибернетике, программированию и т.д. можно выделить три подхода к осмыслению проблем оптимизации и повышению качества обучения: подход, посвящённый исследованию «стилей обучения», метакогнитивный подход и интерсубъективный подход. Каждый из этих подходов обладает своими достоинствами и недостатками. Однако все эти подходы при внешних различиях характеризует внутреннее единство как разных взглядов и форм изучения продуктивности и условий осуществления обучающего и воспитательного взаимодействия ученика и учителя, так и взаимодействия диалогического, развивающего, исследовательского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование носит теоретический характер: работа предполагает теоретический анализ возможностей и ограничений разных подходов (теорий) обучения и воспитания в контексте географического образования. Особое внимание уделяется месту и особенностям обучения кибернетическим дисциплинам в рамках преподавания и изучения географических дисциплин. Ведущей задачей настоящего исследования является раскрытие единства трёх современных взглядов на обучение в сфере географического образования в целом (стилевого, метакогнитивного и интерсубъективного), вычленение тех смысловых и технологических универсалий, которые объединяют эти подходы. На наш взгляд, ведущими опорами продуктивной подготовки географов являются рефлексия учителем и учениками научных и повседневных, экспериментальных и экспириентальных (опирающихся на индивидуальный опыт) знаний и умений в сфере географии. Кроме того, важными моментами являются достижение и развитие взаимопонимания между преподавателем и студентами. Взаимопонимание выступает как основная составляющая успешного (продуктивного и эффективного) образовательно-воспитательного диалога, опосредованного применением кибернетических технологий. Понимающий диалог позволяет предотвратить «выхолащивание» профессиональной подготовки за счёт сведения её к простой ретрансляции отчуждённых от носителей профессиональных и общекультурных знаний и умений, включить студентов в значимое, направленное на постижение общечеловеческого и собственного опыта взаимодействие друг с другом и педагогическим коллективом, а, позднее, с представителями профессионального сообщества. Такое включение обеспечивает продуктивность и эффективность профессионального

обучения и профессиональной деятельности за счёт приобщения специалиста к «миру профессии». Оно даёт возможность формирования целостного комплекса профессионально-технологических знаний и умений в контексте целостной профессиональной картины мира и системы ценностей. Совместная рефлексия знаний и умений, а также ситуаций их формирования и трансляции, направленные на вычленение «трансдискурсивных» аспектов учебной, профессиональной и человеческой жизни является для учителя и учеников опытом, связанным с целостным, глубоким и разносторонним постижением себя и мира. Такое постижение есть интегрированный и интегрирующий воспитательные и обучающие задачи путь развития субъектов учебного и профессионального диалога, а значит, залог качественной подготовки географов и качественного исполнения ими задач профессиональной деятельности в будущем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

А. Педагогика кибернетики в географическом образовании

1. «Стили обучения»: роль контекстного осмысления знаний и умений в оптимизации географического образования

Еще в 70-х годах XX века в педагогической психологии был сформирован подход к исследованию «стилей обучения» [Богданова, 2008; Клаус, 1987; Минигалиева, 2014; Олейникова, 2012; Entwistle, Ramsden, 1983; Marton & Säljö, 1997; Tochon, 2010]. Центральной идеей этого подхода стала идея необходимости контекстного, диалогического обучения как осмысления учащимися и педагогами знаний и умений, получаемых в процессе обучения. По их мнению, обучение должно учитывать конкретные социокультурные и исторические особенности, ситуации жизнедеятельности обучающихся и профессионалов, исторический и культурный контекст, связанный с особенностями формирования и трансформирования профессиональных географических знаний и умений в разных сферах деятельности географа и в различных исторических периодах, а также конкретный контекст ситуации обучения как системы отношений обучающихся друг с другом и преподавателями, отношений обучающихся к себе и миру в целом. Основные «подходы к учению», выделенные Ф. Мартоном и Н. Энтвистлом, другими зарубежными и отечественными исследователями – последователями этой идеи – включают «глубокий» и «поверхностный» стили или подходы к обучению. Эти стили являются трансдициплинарными, и поэтому проявляют себя в изучении дисциплин географического цикла. Для учащихся с «глубоким» подходом к учению характерны развитая интрисивная, то есть внутренняя по отношению к учению мотивация, стремление понять смысл изучаемого материала. Особенности глубинного или глубокого подхода заметны уже на первых этапах обучения: учащиеся с «глубоким» подходом пересказывают текст намного более полно и связанно. Они лучше отвечают на вопросы, задают преимущественно обобщённые вопросы, требующие не только воспроизведения фрагментов текста, а его осмысления. Для учащихся с «поверхностным подходом» к учению свойственна ориентация на внешние по отношению к учению мотивы и требования, то есть экстринсивная мотивация как нацеленность на поверхностное воспроизведение заученной информации. Они более эффективно осваивают приёмы самостоятельной постановки вопросов к тексту и иные приёмы работы с текстом. В условиях стихийного формирования учебной деятельности и «умения учиться» у учащихся доминирует, как правило, «поверхностный» подход. При этом предпочтение какого-либо подхода не является абсолютным: школьники и студенты могут демонстрировать различные подходы к обучению географии, иным дисциплинам, в зависимости от своей мотивации и конкретных условий обучения / ситуации взаимодействия.

Поэтому учёными и практиками анализируются факторы, влияющие на формирование «подходов к учению»: педагогические (учебная нагрузка, методы преподавания, процедуры оценки знаний и т.д.) и личностные (индивидуальные особенности познавательной и эмоционально-волевой сфер учащихся). Особое значение в выборе учениками подходов к учению имеют требования учителей и преподавателей, предъявляемые к знаниям и умениям учащих-

ся в контексте географического и иных видов образования. Кроме того, развитость – дифференциация различных целевых установок и выраженность стилевых предпочтений выражена у школьников, по мнению исследователей, гораздо в меньшей степени, чем у студентов. Многие школьники испытывают затруднения в дифференциации подходов, что отражает не только особенности их учебной деятельности, но и особенности её рефлексии, а также отсутствие намерений использования знаний и умений в повседневной жизни и в профессиональной деятельности. Это не удивительно и потому, что человек учится всю жизнь, в том числе – учится учиться. Учащиеся и обучающиеся с глубинным подходом учиться умеют, учащиеся и обучающиеся с поверхностным – скорее нет.

Таким образом, подход, посвящённый проблематике стилей обучения, обращает особое внимание на феномены рефлексии в учебной и педагогической деятельности, а также на важность взаимопонимания между учителем и учениками как субъектами ролевого (учитель – ученик) и межличностного (человек-человек) взаимодействия, на значимость учёта контекста учебно-профессионального и социально-межличностного взаимодействия. Учёными и практиками уделяется много внимания факторам, влияющим на формирование «подходов к учению»: педагогические (учебная нагрузка, методы преподавания, процедуры оценки знаний и т.д.) и личностные (индивидуальные особенности познавательной и эмоционально-волевой сфер учащихся). Особое значение в выборе учениками подходов к обучению географическим дисциплинам имеют требования преподавателей, предъявляемые к знаниям и умениям обучающихся.

В отличие от более традиционных, формализованных моделей усвоения текста, в рамках концепции «подходы к обучению» изучается реальная деятельность обучающихся с реальными учебными текстами, профессиональными и учебно-профессиональными ситуациями, решениями кейсов и т.д. Предполагается выполнение иных групповых и индивидуальных самостоятельных и аудиторных заданий на исследование, применение и получение профессиональных знаний и умений, изучаются типичные ситуации обучения. Однако концепция «подходов к учению» не вполне использует данные об особенностях учебной деятельности учащихся, которые получены в других концепциях, например, в концепции метапознания. Вместе с тем, как нам представляется, эти данные во многом схожи.

2. Исследование метакогнитивных аспектов в обучении: роль метапознания и метаумений преподавателя и студентов в географическом образовании

Многие данные стилевого подхода согласуются с исследованиями в русле психологии метапознания: выделение задачи – понять учебный материал часто происходит значительно позже и труднее, чем осознание необходимости заучивать материал, поэтому большая часть учащихся сталкивается с трудностями управления собственным пониманием и учением. Ведущим аспектом совершенствования образования, обучения и воспитания, их качества, в контексте освоения знаний и умений в географическом образовании в рамках метапознавательного подхода является метапознавательное обучение, а также рефлексия и управление познанием как «умение учиться» и умение учить [Арпентьева, 2015b; Бейтсон, 2000; Карпов, Скитяева, 2005].

Метакогнитивные исследования обучения сравнивают естественный и искусственный интеллекты, благодаря чему развивается представление о сути, возможностях и ограничениях и того, и другого. Они рассматривают метакогнитивные процессы в жизни человека как формирующиеся и реформирующиеся в течение всей его жизни. Метакогнитивный подход начинает с исследования роли метакогнитивных структур и процессов (эвристик, рефлексии и т.д.) в ходе обучения географическим и иным дисциплинам. Однако он быстро приходит к осмыслению роли, процессов формирования и использования метаумений, координации метаумений «учиться» и «учить», – в процессе управления учебной и педагогической деятельностью во всех видах общего, непрофессионального и специального, профессионального образования [Ничипоренко, 2000; Арпентьева, 2015; Фомин, 2015; Flavel, 1987]. Эта координация осуществляется посредством

индивидуальной рефлексии и совместной рефлексии (обратной связи), внутреннего и внешнего диалога.

Общая феноменология метакогнитивных процессов затрагивает самые разные сферы жизнедеятельности, наиболее отчётливо проявляясь в межличностном общении и обучении: и там, и там, как наиболее важная, стоит задача понимания, а также – задача сверки пониманий, то есть соотнесения подчас принципиально разных способов осмысления реальности и её фрагментов: например, «машинного» и «человеческого». Вне осознания этих различий и сходств, без выявления «пределов» возможностей и ограничений понимания себя и мира у человека и «машины», люди формируют «наивные» и малодостоверные представления о естественном и искусственном интеллекте, о роли последнего в реализации и развитии человека, его профессиональной деятельности. Не случайно огромное разнообразие функционирующих в повседневности и искусстве баек и «страшилок», подобных отображённым в метафорах «косильщика лужаек», «матрицы» и иных произведениях киберпанка. Не случайны и кажущиеся непреодолимыми барьеры между «естественно-научным» и «гуманитарным» познаниями и умениями и т.д., а также сложности применения цифровых (компьютерных) и медиатехнологий в общем и профессиональном обучении и профессиональной деятельности.

Так, в традиционных киберпанковских произведениях основная часть действия происходит в киберпространстве, размывающем границу между действительностью и виртуальной реальностью: описано прямое подключение – то есть диалог или «замещение» человеческого мозга к компьютерным системам. Киберпанк изображает мир как зловещее место, в котором Сеть – управляющий монолит искусственного или прячущегося за искусственным человеческого злонамеренного бюрократического интеллекта, управляет каждым аспектом жизни людей. Антигероям этого «мирового порядка», неудачникам, людям «второго сорта», дивергентам и джокерам предоставляется шанс изменить мир и самих себя, найти или восстановить контакты с миром, с Землёй, то есть – с самими собой. Идея восстановления контакта человека с землёй, не опосредованного кибернетическими технологиями и иными барьерами, весьма важна для будущих специалистов-географов. Для них важны знания и умения, позволяющие видеть Землю как с помощью компьютерных технологий, так и без них, использовать компьютерные технологии для того, чтобы лучше понимать землю и мир, а не для того, чтоб уничтожать их, а вместе с ними и всё человечество, себя. Важны способности рефлексировать возможности и ограничения культурно и исторически специфичных моделей и теорий в контексте собственно географических наук и практик, предлагать и внедрять новые способы и комбинации способов решения старых и новых проблем с опорой на вдумчивый и развёрнутый синтез данных человеческого и машинного, теоретического и практического познаний.

Кроме того, киберпанк также иногда представляет возможное описание эволюции Интернета: виртуальные миры часто выступают под разными именами, такими как «киберпространство», «сеть» или «матрица». При этом самые первые описания глобальных коммуникационных сетей появились намного раньше распространения Всемирной паутины: фантасты, такие как А. Кларк, предсказали их появление. В киберпанке обсуждаются вопросы существования гражданских прав и обязанностей у искусственного интеллекта как у загруженного в компьютер человеческого разума, имеющего рефлексию и разум, вопрос о том, что наличие разума, сравнимого с человеческим, должно давать таким субстанциям права и статус, подобные человеческим. Человеческий разум учится быть автономным по отношению к разумам окружающим людей, а в век кибертехнологий, – от «разумов» людей по отношению к «разумам» кибермашин. Для этого он должен обрести уникальность, собственное понимание себя и мира, собственное понимание жизни и мира профессии и т.д., соотнести его с пониманиями других людей, в том числе специалистов, а также «пониманиями» машин. Тогда его понимание и способность опираться на это понимание будут гарантировать успешность деятельности. Таким образом, специалист в сфере

географии нуждается в том, чтобы понимать возможности и ограничения, специфику человеческого и машинного «интеллектов», включать географические и смежные с ними знания и умения в единый контекст жизни, в диалог друг с другом. Как часть пространства общечеловеческих знаний и умений, как предмет диалога профессионалов друг с другом и с миром, знания и умения современных географов обретают свою полноту и глубину, свою многоуровневость и динамичность. Это особенно важно там, где география тесно соприкасается с другими науками, науками о человеке и обществе. Ярким примером является социальная география.

В киберпанке и дискуссиях вокруг него также поднимается вопрос и о различии человека и машины. В этом контексте интересно, например, различение способов понимания себя и мира, а также типов обучения. Такие типы, названные, например, Г. Бейтсоном, обучением «первого, второго, третьего и четвёртого типов»: получение и присвоение знаний и умений; осмысление контекстов получения и присвоения знаний и умений; осмысление «контекстов контекстов» получения и присвоения знаний и умений; осмысление получения и присвоения «контекста «контекста контекстов» знаний и умений, – важные критерии развития искусственного и «естественного» интеллектов [Бейтсон, 2000]. В наших исследованиях [Арпентьева, 2015] данные типы обучения сопоставлены с разными уровнями обучения (начального, среднего, высшего) и ситуациями обучения (обучение, наставничество, взаимное обучение, самообучение). На наш взгляд, именно в этом соотнесении, «сверке» рефлексий – пониманий – и состоит сущность метакогнитивных процедур, называются ли они рефлексией или саморефлексией, умением учиться или обучением «второго» («третьего» или даже «четвёртого») типа, саморегулируемым или развивающим обучением, возникают ли они как феномен глубинного интимно-личностного контакта или задаются обучающей задачей [Flavel, 1987]. Кроме того, путь, указанный Г. Бейтсоном, ведёт к совершенствованию и искусственного, и естественного интеллекта, и преподавания в целом. При этом собственно понимание возникает не сразу: для субъекта с неразвитыми метакогнитивными процедурами характерна скорее имитация понимания. Для субъекта, обращённого к анализу структурных взаимосвязей своих и чужих репрезентаций и процессов познания и действования, ведущим модусом является интерес: поиск нового и ценностное отношение к нему. Творческое восприятие реальности, как поля своей и чужой жизнедеятельности, проявляется в стремлении осмыслить учебный материал в его взаимосвязях, в контексте, сформировать собственное, оригинальное представление о себе и окружающем мире. Даже школьник в такой ситуации может стать автором инновационной географической технологии или теории. Феномен саморазвития в этом случае является ведущим, а в случае диалогического взаимодействия учеников и учителей, стажёров-практикантов, специалистов и наставников возникает феномен взаимообмена, взаимного развития. Для субъекта, живущего в мире изменяющихся структур и процессов, стратегий осмысления мира и самого себя, трансформирущихся знаний и умений, мир предстаёт как игра, правила которой могут изменяться и постоянно изменяются. Обучение географическим дисциплинам не является только творческим: рутинное, определённое и фиксированное входят в жизнь человека как данности, как структуры представлений. Но и они содержат, помимо фиксированных содержаний и связей, возможности новых, обеспечивающих более или менее оперативную трансформацию представлений (содержаний) или их смыслов (структур связей). В этом случае человек ведёт с миром диалог, в диалоге, как в игре, возможны и успехи, и неудачи. Ошибки и тупиковые пути – феномены опыта, равноценные правильным решениям и успешным путям. Именно с этим связан пафос метакогнитивного и, шире, рефлексивного обучения географии.

В целом, оба рассмотренных нами подхода исследования и организации обучения географическим дисциплинам выступают и как теоретические обобщения эмпирического материала об особенностях учебной деятельности учащихся разных возрастов, и как основы конкретных психолого-педагогических исследований, определяющие условия «идеальности»

моделей обучения. Они проверяются в ходе формирующих экспериментов, наблюдений, опросов, и иных методов исследования. При этом в изучении стилей и метапознавательных процессов используется как формирующий и констатирующий педагогический эксперимент, так феноменографический и иные феноменологические методы, которые ориентируются преимущественно на внешние, эксплицитные, показатели успешности обучения. Это, однако, привносит трудности однозначной интерпретации результатов выполнения учебных заданий , оценки умений учить и учиться.

Б. Кибернетика педагогики в географическом образовании

3. Исследование интерсубъектных аспектов обучения кибернетике и программированию в географическом образовании: роль мультиакторных технологий обучения как полилога

Третий подход к оптимизации обучения географическим дисциплинам также подчёркивает аспекты, связанные с продуктивностью внешне «ошибочных» действий и диалога. Этот подход сформировался в контексте современной кибернетики и является результатом приложения теории управления сложными системами к исследованию образовательных систем, в том числе, в географическом образовании. В современной кибернетике фокусом внимания в нынешнее время стали мультиагентные и мультиакторные технологии управления, ведущими феноменами которых являются диалогизм и эффекты «роевого интеллекта». Эти феномены связаны с переходом от осмысления роли наблюдений и рефлексии в учении и обучении к роли процессов самонаблюдения и саморефлексии, а также роли «взаимного (совместного) наблюдения и рефлексии.

Возникновение и развитие кибернетик как онтологий управления «третьего/четвёртого порядка» совершилось на переломе прошлого и нынешнего веков, оно руководствуется идеями самоуправления и саморазвития систем. Так, «Кибернетика третьего порядка могла бы сформироваться на основе тезиса «от наблюдающих систем к саморазвивающимся системам» [Харитонов, Алексеев, 2015]. В рамках такой кибернетики управление профессиональной деятельностью и обучением плавно трансформируется в широкий спектр процессов обеспечения саморазвития систем: социального контроля, стимулирования, поддержки, модерирования, организации, «сборки и разборки» субъектов и др.» [Лепский, 2014, с. 77–93]. Кибернетика третьего-четвёртого порядка исходит из того, что диалогические, «мультиакторные» или интерсубъективные технологии являются не только источником обучения и воспитания, самообучения и самовоспитания, но стратегическим резервом выживания и развития системы, поскольку предполагают снятие внешних блокад её развития и разрешение «ошибок» как важных компонентов этого развития [Vittikh, 2015]. В этом смысле уже школьник и студент являются, пусть и «наивными», но разработчиками новых теоретических и практических направлений в географии: задача педагогов и наставников, учёных и практиков, – поддержать их и включить в традиционные профессиональные знания и умения.

Примером того, как это может быть реализовано, является эвергетика, как одна из «кибернетик третьего порядка». Эвергетика исходит из «суперпозиции» субъекта и объекта управления, «неоднородности» сообществ и акторов, выступающих и как исследователи, и как субъекты, участвующие в принятии решений. Субъект и творит, и познаёт мир: актор находится «внутри» объекта (общества) и коммуницирует с другими акторами в общей для них проблемной жизненной ситуации. В рамках обучения и иных ситуациях исследования и принятия решений, акторы вырабатывают соглашения, направляемые стремлением найти выход и решение проблемы. Д.А. Новиков пишет, что эвергетика В.А. Виттиха – «…ценностно-ориентированная наука о процессах управления в обществе, объектом которой является ситуация, осознаваемая как проблемная группой неоднородных акторов, имеющих различные точки зрения, интересы и ценностные предпочтения» [Новиков, 2016, с.23], – «…эвергетика может быть определена как кибернетика третьего порядка для взаимодействующих субъектов управления». Д.А. Новиков также подчёркивает, что «в повседневной жизни общества процессы управления будут реализовываться «тандемом» обыденных и професси-

ональных управленцев-теоретиков: первые, находясь в конкретной проблемной ситуации в повседневности, приобретают конвенциональные (по А. Пуанкаре) знания о ситуации и определяют направления её урегулирования, а вторые создают методы и средства, необходимые для осуществления их деятельности» [Новиков, 2016, с.23]. Помимо эвергетики, концептуальные кибернетики третьего и четвёртого порядков другие подходы разрабатывают учёные, фиксирующие интерсубъектность и интерсубъективность управления профессиональной деятельностью и обучением [Kenny, 2009; Mancilla, 2011; Umpleby, 2008]. Эти исследователи отмечают важность мультиакторных и мультиагентных технологий управления и обучения систем с искусственным и «естественным» интеллектом.

Сущность мультиакторных технологий можно описать на языке традиционной кибернетики по аналогии с мультиагентными технологиями. Терминология мультиагентных систем используется в технологиях программирования, поддерживающих процессы управления и обучения [Виттих, Моисеева, Скобелев, 2013; Rzevski, Skobelev, 2007; Wooldridge, 2002]. Агентами называются программы, которые выполняют те или иные действия в условиях неопределённости, согласовывая свои действия с другими агентами-программами. Терминология и сущность мультиагентных систем (да и технологии) в целом весьма близки терминологии интерсубъективного управления, поэтому мультиагентные технологии могут также использоваться в качестве информационной поддержки принятия решений при интерсубъективном управлении. Интерсубъективные технологии управления также можно рассматривать как программу действий или совокупность способов диалогических (коммуникативных) действий по достижению консенсуса. Люди и группы людей также могут быть рассмотрены как программы. Однако в отличие от программ, внедрение и работа интерсубъективных и иных мультиакторных технологий связаны со многими трудностями, прежде всего, идеологического порядка (социальными и иными «контекстами контекстов») [Бейтсон, 2004]. Мультиакторные, интерсубъективные, так же, как и мультиагентные технологии характеризуются рядом черт: для них типична автономность управляющих (агенты, хотя бы частично, независимы), субъективная или объективная ограниченность представлений каждого из агентов (ни у одного из агентов нет полного представления о системе и/или система слишком сложна, чтобы знание о ней могло быть прямо применено агентом); децентрализация (отсутствие агентов, управляющих всей системой). В мультиагентных системах управления также часто проявляются феномены самоорганизации, усложнение поведения. Это происходит даже в том случае, когда стратегия поведения каждого агента отличается простотой: «контекст» обогащает любое знание и умение, создаёт возможность трансформации умений и знаний на всех уровнях работы с ними. Данное явление лежит в основе так называемого «роевого интеллекта» (swarm intelligence) как технологии оптимизации управления [Beni, Wang, 1989]. В мультиакторных системах управления возникает иной эффект: его описывает модель диалога: в процессе свободного, неконтролируемого извне полилога, направленного на решение конкретной задачи, люди приходят к решениям, знаниям и умениям, более полным и глубоким, чем в случае направляемого извне или монологического принятия решений, к консенсусу [Allport, 1979]. При этом в монологической, централизованной сети информация «стекается» к центру, где свершается «таинство» решения, при котором решение принимает субъект, чьи способности, знания и умения далеко не всегда соответствуют уровню сложности и типу задачи. Поэтому полилогические или мультиакторные, полностью децентрализованные сети в управлении и обучении, иных сферах жизни человека практически всегда превосходят в скорости и качестве решений монологические.

Географическое образование в этом смысле – абсолютно типичный пример: для своей реализации оно требует и предполагает умение учиться и работать в команде, вести диалог с другими специалистами, в том числе специалистами других профессий («неоднородными акторами») и т.д. Однако, более того, профессионалам в сфере географии особенно близки и важны идеи построения и развития грамотных с этической и технологической точек зрения

отношений человека и его среды обитания, Земли в целом. Для теории и практики географического образования, а также теории и практики профессиональной работы весьма очевидна необходимость сотрудничества людей и регионов, их продуктивного и эффективного взаимодействия, наличие разнообразного и взаимного влияния в решении разнообразных задач повседневной жизни.

Если мы вновь обратимся к киберпанку, в том числе к манифесту «киберпанка», мы увидим комплекс идей о важности интерсубъективности и трансформации систем образования и управления обществом. И традиционная кибернетика, и киберпанк едины в одном: человечеству предстоит сформировать «сочетание свободы и безопасности», адекватное человеческой природе и способам понимания себя и мира, а также природе и способам понимания мира искусственного интеллекта с его «киберпространством» и «кибервременем». Первопроходцы, победители в гонке освоения киберпространств и кибервремён «получат если и не все (по принципу winner takes all), то многое» — преимущество в определении явленного мировому сообществу облика киберреальности и её места в общей реальности человеческой жизни. Ои получат приоритет в определении и изменении «правил киберигры» и «игры жизни» – в политике, экономике, географии, в образовании и науке, других областях общественной жизни [Weinberg, 2001; Вакуленко С., 2004; Попов, 2004; Тарабанов, 2004; Cavallaro, 2000; Hafner, Markoff, 1995; Sterling, 1992]. Л. Блэнкеншип и Кр. Кирчев создали так называемый «Манифест хакера», который отметил появление новой расы – «нео-людей», названных киберпанками: «Мы – это люди, которые проживают в электронном пространстве. Мы – повстанцы, мыслящие свободно. Наш мир – это киберпространство, мы ничем не ограничены» [Blankenship, 1986; Haraway, 2002; Kirtchev, 2016; Storming the Reality Studio, 1991]. Этот манифест редактируется, вплоть до настоящего времени, и выступает в том числе, как манифест «биопанков», фиксированный на вопросах отношения человека со средой своего обитания, своим телом и с Землёй. Такое «слияние» говорит о многом: специалисты в области кибернетики активно движутся в направлении осмысления проблем взаимодействия человека с природой, Землёй. При этом киберпанк отмечает возможности Интернета как места дискуссий и свободы: «…в Сети зарождается анархия. Это нельзя контролировать, и в этом заключается сила Сети… Сеть возьмет бразды правления над обычным человеком…». При всей внешней противоречивости этого высказывания, мы видим, что речь идёт о мультиакторном управлении жизнедеятельностью. Кроме того, киберпанк и кибернетические исследования в целом подчёркивают важность повседневных и научных знаний и умений, воспитания и обучения: «Всё, что было ранее, всё, что есть сейчас и случится в будущем – это происходит сегодня… Нам действительно повезло, что мы оказались во времени, когда люди погрузились в невежество. Возможно, мы увидим, что скоро всё значительно переменится». Человек способен к развитию, он может измениться и изменить мир вокруг себя. Он способен сделать свои личную и профессиональную жизнь более гармоничными, соотнеся её с жизнями других людей и всей Земли. Таким образом, кибернетические модели жизни и образования обращают внимание на развитие технологий и на развитие идеологий, отмечают важность развития человека как субъекта, наделённого ценностями и реализующего цели, живущего в гармонии с собой, людьми, миром, развивающегося и осуществляющегося во взаимодействии с культурой и с природой, компетентно использующего кибернетические и иные устройства и технологии в процессе профессионального труда и жизни в целом.

ВЫВОДЫ

Анализ трёх выделенных подходов к организации обучения географическим и иным дисциплинам в рамках географического образования позволяет сформулировать ряд результатов:

1. Современные обучение и воспитание в географическом образовании – это обучение и воспитание, построенное на принципах мультиакторности или интерсубъективности: рефлексивный диалог, предполагающий глубокое и контекстное, личностно осмысленное, практически и теоретически соотнесённое осмысление себя и мира, своей профессиональной деятельности в контексте деятельности других «акторов» и систем.

2. Каждый из рассмотренных подходов в географическом образовании обладает своими достоинствами и недостатками, возможностями и ограничениями. Однако, все эти подходы характеризует внутреннее единство как разных форм изучения и обеспечения продуктивности обучающего и воспитывающего диалогического взаимодействия ученика и учителя, преподавателя и студента, профессионалов, так и тех, для кого они работают, человека и природы (Земли). Результаты настоящего исследования подтверждают это единство, возможность вычленения смысловых и технологических универсалий, которые объединяют различные подходы к оптимизации образования в географической и других сферах жизнедеятельности людей.

3. На наш взгляд, ведущими опорами продуктивного и эффективного географического образования являются рефлексия учителем и учениками научных, «объективных», и повседневных, субъективных, знаний, а также связанных с ними умений, достижение и развитие взаимопонимания между разными людьми и их «пониманиями», точками зрения на себя, друг на друга, мир. Диалог этих позиций выступает как две составляющие образовательно-воспитательного диалога в географическом образовании. Совместная рефлексия знаний и умений, а также ситуаций их формирования и трансляции, должна быть направлена на вычленение «трансдискурсивных» аспектов человеческой жизни. Такая рефлексия является для учителя и учеников, преподавателя и студентов опытом, связанным с глубоким и разносторонним постижением себя и мира, позволяющим изменять географическое образование и географическую науку и практику.

4. Такое постижение есть интегрированный и интегрирующий воспитательные и обучающие задачи путь развития субъектов педагогического (учебного) и профессионального диалога. Поэтому, в частности, в контексте преподавания и изучения географических и иных дисциплин, практики и теоретики обучения отмечают изменение функций преподавателя / учителя: от менторства к наставничеству, от наставничества к консультированию, от консультирования к совместному, диалогическому, постижению себя и мира. Современное человечество ещё только учится говорить с Землёй, однако, этот процесс значительно интенсифицировался и расширился благодаря кибертехнологиям, позволяющим человеку представлять происходящее на Земле и в Земле целостно, учитывать макро- и микротенденции и т.д. Кибертехнологии и кибернетическое образование в структуре географической подготовки позволяют человеку – профессиональному географу – оптимизировать свою деятельность, повысить её качество во много раз, особенно там, где эти технологии служат диалогу, помогают его наладить и осуществить там, где человек способен к нему: где сформированы мотивационные и целевые установки на диалог. Такие установки формируются и развиваются, прежде всего, в процессе профессиональной подготовки: обучающийся учится, рефлексирует свое поведение и общение, отношения с другими людьми как личностями и профессионалами.

Цель любого профессионального образования – ввести обучающихся в мир профессии, как в один из миров человеческой жизни. Учёт этой цели особенно важен в случае применения в профессиональной и повседневной жизни людей «высоких технологий», нередко создающих и развивающих иллюзии возможности отчуждённой, ценностно нейтральной профессиональной практической и научной жизнедеятельности. Такие иллюзии приводят к формированию и развитию профессионального выгорания и иных профессиональных деформаций, в частности, так называемой компьютерной зависимости. Географ-профессионал нуждается в том, чтобы чётко и полно понимать место кибертехнологий и, шире, профессиональных знаний и умений в своей профессиональной

деятельности и в жизнедеятельности в целом. Это даёт ему возможность осуществлять эту деятельность без выгорания и деформаций, а также предотвращает многие ошибки собственно профессионального типа, возникающие как следствия демотивации и обесценивания профессиональных знаний и умений, профессиональных отношений и труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арпентьева М.Р.* Эвергетические стратегии и управление развитием сообществ // Материалы XVII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» 22–25 июня 2015 г., Самара. – Самара: ИПУСС РАН, 2015. – С. 174–180.
2. *Арпентьева М.Р.* Модусы дидактической коммуникации и понимание // Вестник Костромского государственного университета. – Серия «Педагогика. Психология. Социальные науки». – 2015. – № 1. – С.33–42.
3. *Арпентьева М.Р.* Нравственные проблемы медиатизации и когнитивные способности личности // Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сборник научных статей и материалов Международной научно-практической конференции 11–13 февраля 2016 г., Коломна / Под ред. Р.В. Ершовой. – Коломна: ГСГУ, 2016. – С. 28–37.
4. *Бейтсон Г.* Экология разума. – М.: Смысл, 2000. – 500 с.
5. *Богданова Е. А.* Стиль учения как проявление персонального познавательного стиля ученика // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2008. – № 7. – С.3–12.
6. *Вакуленко С.* Предсказание тёмного будущего // Мир фантастики. – М.: ТехноМир, 2004. – Вып. 2. – С. 91–93.
7. *Виттих В.А., Моисеева Т.В., Скобелев П.О.* Принятие решений на основе консенсуса с применением мультиагентных технологий // Онтология проектирования. – 2013. – №2 (8). – С.20–25.
8. *Карпов А.В., Скитяева И.М.* Психология метакогнитивных процессов личности. – М.: «Институт психологии РАН», 2005. – 352 с.
9. *Клаус Г.* Введение в дифференциальную психологию учения. – М.: Педагогика, 1987. – 176 с.
10. *Лепский В.Е.* Философия и методология управления в контексте развития научной рациональности // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления. – М.: ИПУСС РАН, 2014. – С. 7785–7796.
11. *Меньшиков П.В.* Психология учебного взаимодействия. – Калуга: КГУ имени К.Э. Циолковского, 2014. – 172 с.
12. *Минигалиева М.Р.* Изучение психологии и самопознание студентов. Психотерапевтическая модель педагогического общения Л.А. Петровской. – Saarbrucken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 632с.
13. *Минигалиева М.Р.* Образовательно-воспитательное взаимодействие: умение учиться и умение учить. – Калуга, КГУ им. К.Э, Циолковского, 2014. – 32с.
14. *Ничипоренко Н. П.* Развитие представлений студентов-педагогов об умении учиться. Дисс. ... канд. психол. Наук. – Калуга: КГУ, 2000. – 190 с.
15. *Новиков Д.А.* Кибернетика: Навигатор: История кибернетики, современное состояние, перспективы развития. – М.: ЛЕНАНД, 2016. – 160 с.
16. *Олейникова Е.В.* Влияние подхода к учению у школьников на понимание учебных текстов. Автореф. дисс. канд. психол. наук. – М.: Изд-во МГУ имени М.В. Ломоносова, 2012. – 20 с.
17. *Попов М.* Киберпанк 1980: модель для сборки // Мир фантастики: журнал. – М.: ТехноМир, 2004. – Вып. 2. – С. 46–52.
18. *Тарабанов Дм.* Киберпанк // Мир фантастики: журнал. – М.: ТехноМир, 2004. – Вып. 2. – С. 22–25.

19. *Фомин А.Е.* Метакогнитивный мониторинг решения учебных задач: механизмы и искажения. – Калуга: КГУ, 2015. – 252 с.
20. *Харитонов, В.А., Алексеев, А.О.* Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2015. – № 05 (109). – IDA [article ID]: 1091505043. – Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf.
21. *Allport G.W.* The Nature of Prejudice. – N.Y.: Addison-Wesley Publishing Company, 1979. – 537 с.
22. *Beni G., Wang J.* Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed // NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems. Tuscany, Italy, June 26–30, 1989. – N.Y.: NATO, 1989.
23. *Blankenship L.* (The Mentor). The Conscience of a Hacker // Phrack. – 1986. – № 1 (7). – P. 3.
24. *Cavallaro D.* Cyberpunk and Cyberculture: Science Fiction and the Work. – NewYork: Continuum International Publishing Group, 2000. – 258 с.
25. *Entwistle N., Ramsden P.* Understanding student learning. – London: Croom Helm, 1983. – 330p.
26. *Flavel J.H.* Speculations about the nature and development of metacognition. – Hillside, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.
27. *Hafner K., Markoff J.* Cyberpunk: Outlaws and Hackers on the Computer Frontier. – revised. – Simon & Schuster, 1995. – 396 p.
28. *Haraway D.A* Cyborg Manifesto: Science, technology and socialist feminism in the late twentieth century // Cybercultures Reader / Ed. Bell D., Kennedy B.M. – London & New York: Routledge, 2002. – Pp. 291–325.
29. *Kenny V.* There's Nothing Like the Real Thing. Revisiting the Need for a Third-Order Cybernetics // Constructivist Foundations. – 2009. – No 4 (2). – P. 100–111.
30. *Kirtchev Ch.As.* Cyberpunk Manifesto v 2.0. – 2003. Электронный адрес: http://www.cyberpunkreview.com/wiki/index.php?title=Cyberpunk_Manifesto.
31. *Mancilla R.* Introduction to Sociocybernetics (Part 1,3) // Journal of Sociocybernetics. – 2011. –Vol. 42. – No 9. – P. 35–56. – 2013. – Vol. 44. – No 11. – Pp. 47–73.
32. *Marton F. & Säljö R.* Approaches to learning // The Experience of Learning / F. Marton, D. Hounsell & N. J. Entwistle (Eds.). – Edinburgh: Scottish Academic Press, 1997. – Pp. 39–58.
33. *Rzevski G., Skobelev P.* Emergent Intelligence in Large Scale Multi-Agent Systems // International journal of education and information technologies. – 2007. – Issue 2, Vol. 1. – Pp. 64–71.
34. *Sterling Br.* The Hacker Crackdown, Law and Disorder on the Electronic Frontier. – Bantam Books, 1992. – 328 p.
35. Storming the Reality Studio: A Casebook of Cyberpunk & Postmodern Science Fiction / ed. by L. McCaffery. – Duke: Duke University Press, 1991. – 387 p.
36. *Tochon F.V.* Deep Education // Journal for Educators, Teachers and Trainers, 2010. – Vol. 1. – Pp. 1–12.
37. *Umpleby S.*A Brief History of Cybernetics in the United States // Austrian Journal of Contemporary History. – 2008. – Vol. 19. – No 4. – Pp. 28–40.
38. *Vittikh V.A.* Evolution of ideas on management processes in the society: from cybernetics to evergetics // Group Decision and Negotiation. – September 2015. – Vol. 24. – Issue 5. – Pp. 825–832.
39. *Vittikh V.A.* Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics // Group Decision and Negotiation, November 2015. – Vol. 24. – Issue 6. – Pp. 949–956.
40. *Vittikh V.A.* Introduction to the Theory of Intersubjective Management // Group Decision and Negotiation. – January 2015. – Vol. 24. – Issue 1. – Pp. 67–95.

41. *Weinberg G.* The psychology of computer programming / Silver anniversary ed. – New York: Dorset House Publ, 2001. – 384 p.
42. *Wooldridge M.* An Introduction to MultiAgent Systems. – N.-Y.: John Wiley & Sons Ltd, 2002. – 366 p.

Mariam R. Arpentieva [1]

CYBERNETICS AND GEOGRAPHICAL EDUCATION: CYBERNETICS OF LEARNING AND LEARNING OF CYBERNETICS

ABSTRACT

Modern geographical education implies a broad implementation of innovative technologies, allowing students to fully and deeply understand the subject and methods of professional activity, and effectively and productively act upon this understanding. Therefore, in the work of modern geographer computer and media technologies occupy a significant place, and geographic education occupies an important place in learning cybernetic disciplines: computer technologies act as an important condition for obtaining high quality professional education, as well as an important tool of professional activity of modern specialist-geographer. The article is devoted to comparing three modern approaches to the study and optimization of training Cybernetics and programming in the framework of geographical education: an approach devoted to the study of "learning styles"; the metacognitive approach to learning computer science and programming; and intersubjective, evergetic or actually cybernetic, approach. It describes their advantages and limitations in the context of geographical education, as well as the internal unity as different forms of study of productivity and conditions of the dialogical interaction between teacher and student in the context of obtaining high-quality geographical education.

KEYWORDS:

geographical education, Cybernetics, contextual learning, intersubjective learning, metacognitive training

REFERENCES

1. Arpent'eva M.R. Evergeticheskie strategii i upravlenie razvitiem soobshchestv [Evergetical strategies and communities development management], Materialy XVII Mezhdunarodnoy konferentsii "Problemy upravleniya i modelirovaniya v slozhnykh sistemakh", 22-25 iyunya 2015 g., Samara, Samara: IPUSS RAN, 2015a, pp.174–180 (in Russian).
2. Arpent'eva M.R. Modusy didakticheskoy kommunikatsii i ponimanie [The Moduses of didactic communication and understanding], Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya "Pedagogika. Psikhologiya. Sotsial'nye nauki", 2015b, No 1, pp. 33–42 (in Russian).
3. Arpent'eva M.R. Nravstvennye problemy mediatizatsii i kognitivnye sposobnosti lichnosti [Moral issues of publicity and cognitive abilities of the person], Tsifrovoe obshchestvo kak kul'turno-istoricheskiy kontekst razvitiya cheloveka: sbornik nauchnykh statey i materialov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, 11–13 fevralya 2016 g., Pod red. R.V. Ershova, Kolomna: GSGU, 2016, pp. 28–37 (in Russian).
4. Beytson G. Ekologiya razuma [Ecology of mind]. Moscow: Smysl, 2000, 500 p. (in Russian).

[1] Tsiolkovskiy Kaluga State University; Russia, 248023, Kaluga, Razina st, 22/48, 1 build, 809 aud.;
e-mail: mariam_rav@mail.ru

5. Bogdanova E.A. Stil' ucheniya kak proyavlenie personal'nogo poznavatel'nogo stilya uchenika [The learning style as a manifestation of the personal cognitive style of the student], Izvestiya RGPU im. A.I. Gertsena, 2008, No 7, pp. 3–12 (in Russian).
6. Vakulenko P. Predskazanie temnogo budushchego [Prediction of a dark future], Mir fantastiki : zhurnal, Moscow: TekhnoMir, 2004, Vyp. 2, pp. 91–93 (in Russian).
7. Vittikh V.A., Moiseeva T.V., Skobelev P.O. Prinyatie resheniy na osnove konsensusa s primeneniem mul'tiagentnykh tekhnologiy [A decision-making based on consensus with the use of multi-agent technology], Ontologiya proektirovaniya, 2013, No 2 (8), pp. 20–25 (in Russian).
8. Karpov A.V., Skityaeva I.M. Psikhologiya metakognitivnykh protsessov lichnosti [Psychology of metacognitive processes of the personality], Moscow: Izd-vo "Institut psikhologii RAN", 2005, 352 p. (in Russian).
9. Klaus G. Vvedenie v differentsial'nuyu psikhologiyu ucheniya [Introduction to differential psychology teaching], Moscow: Pedagogika, 1987, 176 p. (in Russian).
10. Lepskiy V.E. Filosofiya i metodologiya upravleniya v kontekste razvitiya nauchnoy ratsional'nosti [Philosophy and methodology of management in the context of the development of scientific rationality], Trudy XII Vserossiyskogo soveshchaniya po problemam upravleniya, Moscow: IPUSS RAN, 2014, pp. 7785–7796 (in Russian).
11. Men'shikov P.V. Psikhologiya uchebnogo vzaimodeystviya [Psychology of educational interaction], Kaluga: KGU im. K.E. Tsiolkovskii, 2014, 172 p. (in Russian).
12. Minigalieva M.R. Izuchenie psikhologii i samopoznanie studentov. Psikhoterapevticheskaya model' pedagogicheskogo obshcheniya L.A. Petrovskoy [the study of psychology and self-knowledge students. L.A. Petrovskaya psychotherapeutic model of pedagogical communication]. Saarbrucken: Lambert Academic, 2012, 632 p. (in Russian).
13. Minigalieva M.R. Obrazovatel'no-vospitatel'noe vzaimodeystvie: umenie uchit'sya i umenie uchit' [Education, but educational networking: the ability to learn and the ability to teach]. Kaluga: KGU im. K.E, Tsiolkovskogo, 2014. – 32 p. (in Russian).
14. Nichiporenko N. P. Razvitie predstavleniy studentov-pedagogov ob umenii uchit'sya. Diss. ... kand. psikhol. nauk [The Development of students' ideas of teachers about the ability to learn. Diss. PhD psychol. sciences], Kaluga: KGU, 2000, 190 p. (in Russian).
15. Novikov D.A. Kibernetika: Navigator: Istoriya kibernetiki, sovremennoe sostoyanie, perspektivy razvitiya [Cybernetics: the Navigator: a History of Cybernetics, the current state and prospects of development]. Moscow: LENAND, 2016, 160 p. (in Russian).
16. Oleynikova E.V. Vliyanie podkhoda k ucheniyu u shkol'nikov na ponimanie uchebnykh tekstov. Avtoref. diss. kand. psikhol. nauk [Influence of the approach to the teaching of pupils on the understanding of academic texts. Abstract. Diss. PhD of psychol. sciences]. Moscow: MGU im. M.V. Lomonosova, 2012, 20 p. (in Russian).
17. Popov M. Kiberpank 1980: model' dlya sborki [Cyberpunk 1980: a model for the Assembly], Mir fantastiki: zhurnal, Moscow: TekhnoMir, 2004, Vyp. 2, pp. 46–52 (in Russian).
18. Tarabanov D. Kiberpank [Cyberpunk], Mir fantastiki: zhurnal, Moscow: TekhnoMir, 2004, Vyp. 2, pp. 22–25 (in Russian).
19. Fomin A.E. Metakognitivnyy monitoring resheniya uchebnykh zadach: mekhanizmy i iskazheniya [Metacognitive monitoring of training solution: mechanisms and distortion]. Kaluga: KGU 2015, 252 p. (in Russian).
20. Kharitonov VA., Alekseev A.O. Kontseptsiya sub"ektno-orientirovannogo upravleniya v sotsial'nykh i ekonomicheskikh sistemakh [The Concept of subject-oriented management in social and economic systems], Nauchnyy zhurnal KubGAU [Electronic resource], Krasnodar: KubGAU, 2015, No 05(109), IDA [article ID]: 1091505043. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf (in Russian).
21. Allport G.W. The Nature of Prejudice, N.Y., Addison-Wesley Publishing Company, 1979, 537 p.

22. Beni G., Wang J. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems, Proceed, NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems. Tuscany, Italy, June 26–30, 1989, N.-Y.: NATO, 1989.
23. Blankenship L. (The Mentor). The Conscience of a Hacker, Phrack, 1986, No 1 (7), p. 3.
24. Cavallaro D. Cyberpunk and Cyberculture: Science Fiction and the Work. NewYork: Continuum International Publishing Group, 2000, 258 p.
25. Entwistle N., Ramsden P. Understanding student learning. London, Croom Helm, 1983, 330 p.
26. Flavel J.H. Speculations about the nature and development of metacognition, Hillside, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.
27. Hafner K., Markoff J. Cyberpunk: Outlaws and Hackers on the Computer Frontier, revised, Simon & Schuster, 1995, 396 p.
28. Haraway D. A Cyborg Manifesto: Science, technology and socialist feminism in the late twentieth century, Cybercultures Reader, Ed. Bell D., Kennedy B.M., London & New York: Routledge, 2002, pp. 291–325.
29. Kenny V. There's Nothing Like the Real Thing. Revisiting the Need for a Third-Order Cybernetics, Constructivist Foundations, 2009, No 4 (2), pp. 100–111.
30. Kirtchev Ch.As. Cyberpunk Manifesto v 2.0. – 2003. http://www.cyberpunkreview.com/wiki/index.php?title=Cyberpunk_Manifesto.
31. Mancilla R. Introduction to Sociocybernetics (Part 1,3), Journal of Sociocybernetics, 2011, Vol. 42, No 9, pp. 35–56; 2013, Vol. 44, No 11, pp. 47–73.
32. Marton F., Säljö R. Approaches to learning, The Experience of Learning, F. Marton, D. Hounsell, N.J. Entwistle (Eds.), Edinburgh, Scottish Academic Press, 1997, pp. 39–58.
33. Rzevski G., Skobelev P. Emergent Intelligence in Large Scale Multi-Agent Systems, International journal of education and information technologies, 2007, Issue 2, Vol. 1, pp. 64–71.
34. Sterling Br. The Hacker Crackdown, Law and Disorder on the Electronic Frontier, Bantam Books, 1992, 328 p.
35. Storming the Reality Studio: A Casebook of Cyberpunk & Postmodern Science Fiction, ed. by L. McCaffery, Duke: Duke University Press, 1991, 387 p.
36. Tochon F.V. Deep Education, Journal for Educators, Teachers and Trainers, 2010, Vol. 1, pp. 1–12.
37. Umpleby S.A Brief History of Cybernetics in the United States, Austrian Journal of Contemporary History, 2008, Vol. 19, No 4, pp. 28–40.
38. Vittikh V.A. Evolution of ideas on management processes in the society: from cybernetics to evergetics, Group Decision and Negotiation, September 2015, Vol. 24, Issue 5, pp. 825–832.
39. Vittikh V.A. Heterogeneous Actor and Everyday Life as Key Concepts of Evergetics, Group Decision and Negotiation, November 2015, Vol. 24, Issue 6, pp. 949–956.
40. Vittikh V.A. Introduction to the Theory of Intersubjective Management, Group Decision and Negotiation, January 2015, Vol. 24, Issue 1, pp. 67–95.
41. Weinberg G. The psychology of computer programming, Silver anniversary ed., New York: Dorset House Publ., 2001, 384 p.
42. Wooldridge M. An Introduction to MultiAgent Systems, N.-Y., John Wiley & Sons Ltd, 2002, 366 p.

УДК 910.1:303.64 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-225-234

М.В. Грибок[1]

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАССОВОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ РОССИЯН О СОБЫТИЯХ В СФЕРЕ ЭКОЛОГИИ (НА ПРИМЕРЕ «РИА НОВОСТИ»)

АННОТАЦИЯ

Проблемы природно-экологического характера являются негативными факторами с позиции стремления к устойчивому развитию, т.к. оказывают непосредственное влияние на качество жизни и благополучие населения. Для России с её огромными размерами территории разработка эффективных стратегий по вопросам взаимодействия природы и общества возможна только при грамотном подходе к информированию населения о существующих проблемах природной среды, имеющих место в разных регионах страны.

Повышение качества массового информирования россиян о проблемах экологического характера и последствиях природных катаклизмов, происходящих в разных частях страны, – важная задача государства на пути к устойчивому развитию.

Целью данного исследование является анализ и картографирование данных о количестве сюжетов по теме экологии и природопользования из регионов РФ информационного агентства «РИА Новости». В ходе исследования выявлены некоторые географические особенности массового информирования россиян о событиях в сфере экологии и природопользования. Определены регионы-лидеры по числу сюжетов природно-экологической тематики и сделаны выводы о причинах этого лидерства.

Также на примере природных пожаров сделаны выводы о несоответствии количества сюжетов СМИ с реальной пожарной опасностью в регионах, т.к. на упоминаемость региона в СМИ влияет намного больше субъективных и объективных факторов, многие из которых невозможно оценить статистически.

Карты и базы данных, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для оптимизации экологической информационной политики страны и отдельных регионов в рамках концепции перехода к устойчивому развитию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

СМИ, устойчивое развитие, картография, экологическая журналистика, экология

ВВЕДЕНИЕ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Согласно П.В. Касьянову [2005], «одним из базисных положений национальной политики устойчивого развития должно быть следующее: решение экологических проблем в принципе и переход к устойчивому развитию возможны лишь в результате радикального изменения мировоззрения, системы общественных ценностей». При этом очевидно, что самым масштабным по охвату населения источником актуальной информации по теме экологии и природопользования, а значит и фактором формирования массовых представлений о постоянно меняющемся состоянии ландшафтов, лесов, почв, атмосферного воздуха и т.д. в разных регионах страны, являются средства массовой информации. По результатам опроса Фонда «Общественное мнение», проведённого в 2013 году, основными источниками актуальной информации для россиян являются: телевидение (указали 89% опрошенных), новостные сайты в интернете (29%), печатная пресса (26%). При этом с 2011 года охват аудитории новостных сайтов растёт примерно на 3% в год [http://soc.fom.ru/SMI-i-internet/10938].

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* marina.ary@gmail.com

Исследования представлений людей об экологическом состоянии стран и регионов в отечественной науке в настоящее время носят весьма фрагментарный характер. По способам получения данных для анализа можно выделить 3 типа таких исследований.

Во-первых, это исследования на основе данных социологических опросов. К примеру, Т.В. Шихотарова и Н.С. Белов [2014] по результатам проведённого опроса населения Калининградской области выявили наиболее актуальные экологические проблемы для жителей региона. Результаты исследования наглядно показаны на картах. Авторами сделан вывод, что предложенные карты, названные ментальными картами общественных мнений, могут быть использованы для принятия управленческих решений в целях оптимизации природопользования и устойчивого социально-экологического развития региона.

Во-вторых, представления об экологическом состоянии территорий исследуются путём анализа поведения пользователей в сети Интернет. По данным о поисковых запросах, поступающих из разных регионов страны, можно понять, какие вопросы интересуют пользователей, какое место среди них занимают проблемы, связанные с экологией региона. Анализ упоминаний ключевых слов в блогах, форумах и соцсетях также может стать источником обширной информации об экологическом состоянии регионов.

В статье Ю.Ю. Перминовой и В.С. Тикунова [2014] собрана база данных о количестве упоминаний названий субъектов РФ совместно со словом «экология» в блогах Livejournal и Twitter. Все упоминания регионов разделены на позитивные, негативные и нейтральные. Итогом исследования стали карты, отражающие распределение записей по регионам России: способом картограмм показано отношение записей позитивного или негативного содержания к общему числу записей по региону. В качестве средства визуализации в статье также использованы анаморфозы, наглядно иллюстрирующие распределение позитивных и негативных записей в блогах по территории РФ.

Также в отдельную группу исследований экологических представлений о территориях можно выделить анализ материалов СМИ, как основного источника новых знаний о стране и мире для россиян.

Природно-экологическая тема в СМИ – не только важная с позиции формирования экологического мировоззрения россиян, но и крайне сложная с точки зрения журналистской работы. Состояние здоровья, благополучие человека напрямую связано с состоянием окружающей среды. Поэтому информация по этой теме воспринимается населением обострённо, как затрагивающая один из основных инстинктов человека – инстинкт выживания [Кочинева, Берлова, 1999].

Существует особый раздел журналистики, – экологическая журналистика, – на которую возложен ряд важных функций:

— **информационная функция** — предоставление аудитории сведений о состоянии природной среды, информирование о существующем или потенциальном риске для здоровья человека и устойчивого существования экосистем;

— **просветительская функция** — знакомство читателей с основными законами экосистем, с опасностью и негативными последствиями антропогенного воздействия на окружающую среду;

— **организационная функция** — стимулирование населения к принятию тех или иных решений, к конкретным действиям;

— **контролирующая функция** — информирование о деятельности властей, предприятий, оказывающих влияние на состояние окружающей среды, предоставление возможности людям реализовать свое право на знание о состоянии окружающей среды, утверждённое законодательством РФ, и защищать своё право на благоприятную окружающую среду [Кочинева, Берлова, 1999].

В диссертационной работе М.В. Грибок [2009] исследуется образное пространство России, формирующееся в новостных потоках ведущих федеральных телеканалов: «Россия 1» и НТВ. При этом учитывается динамика географического распределения новостей по регио-

нам, а также рассматриваются различные тематические категории, в том числе «природные явления» и «экология». По каждой тематической категории построены карты, отражающие особенности распределения внимания федеральных телевизионных СМИ по субъектам РФ. В частности, на карте, отражающей распределение новостей категорий «экология» и «природные явления» (НТВ, 2007 год), наглядно видно, что большинство новостей по данным темам поступают из Дальневосточного региона – в первую очередь, Камчатки, а также Сахалинской области (преимущественно, сюжеты о землетрясениях), Приморского края, реже – из Амурской области и Якутии (паводки, наводнения). Заметно некоторое увеличение количества сюжетов рассматриваемых категорий в прибрежных регионах (Дальний Восток, Краснодарский край, Калининградская область), а также в Московской области (исследование проводилось без учёта новостей о Москве и Санкт-Петербурге).

Основная трудность в исследованиях представлений о территориях состоит в трудоёмкости сбора данных. Этот процесс практически не поддаётся автоматизации и всеми перечисленными авторами производился вручную.

Образное пространство России в контексте экологии и природопользования, формирующееся в массовом сознании населения, характеризуется своими особенностями, в том числе географическими. Изучение их необходимо для проведения грамотной информационной политики с позиции устойчивого развития на уровне всей страны или отдельных регионов.

В совокупности множество новостных сообщений, поступающих из субъекта РФ за определённый период времени, формируют в представлении аудитории СМИ особый образ этого региона. Он может быть описан при помощи различных качественных и количественных параметров, характеризующих частоту появления сообщений, а также их тематические особенности.

В данном исследовании в качестве источника образной информации использованы архивы интернет-сайта РИА Новости [www.ria.ru] за 2006–2012 годы. До реорганизации в 2013 году компания «РИА Новости» являлась одним из крупнейших информационных агентств России, поставляющим новостные ленты для правительственных структур, ведущих министерств и ведомств, администраций регионов, общественных организаций, многих российских и зарубежных СМИ. Целевая аудитория агентства – весьма широкий круг лиц, интересующихся ежедневными новостями и разносторонней информацией. По данным GoogleAnalytics на апрель 2012, совокупная аудитория сайтов агентства «РИА Новости» превысила 20 миллионов уникальных посетителей в месяц [http://ria.ru/docs/about/ria_history.html].

Для исследования составлена реляционная (табличная) база данных сюжетов архива сайта www.ria.ru по теме «экология», доступных в архиве через функцию расширенного поиска, позволяющую осуществлять отбор новостей с заданными метками. Для базы данных отобраны только те сюжеты, в заголовке которых указана региональная принадлежность освещаемого события (новости о Москве и Санкт-Петербурге в данном исследовании не учитывались).

Новости, обозначенные в архиве меткой «экология», весьма разнообразны. В основном, это сюжеты, касающиеся различных аспектов *взаимодействия* природы и человека. Речь в них может о влиянии природных факторов на жизнь человека (чаще всего негативном: опасных природных явлениях, температурных аномалиях и т.д.) или же, наоборот, о влиянии человека на природу. Как правило, в новостных сюжетах представлены негативные его аспекты: браконьерство, незаконные вырубки лесов, загрязнение окружающей среды и т.д. Но встречаются сюжеты и о положительном контексте воздействия (охрана природы), а также об относительно нейтральном (экологический туризм, исследования в сфере экологии и т.п.).

При составлении базы данных выделен достаточно обширный ряд узких тематических категорий сюжетов, среди которых: «опасные природные и климатические явления», «лесные пожары», «паводки», «браконьерство», «гибель животных», «загрязнение почв», «загрязнение вод», «загрязнение воздуха», «вырубка лесов», «аномально высокие температуры», «аномально низкие температуры», «экологические исследования», «заповедники». Так-

же введена категория «прочее». Количественные особенности распределения информационных сюжетов по регионам России и тематическим категориям стали материалом для построения серии карт.

Отметим, что полученные карты отражают не объективно существующие характеристики субъектов РФ, а образное пространство России, формирующееся в средствах массовой информации. При этом важно, что фактически именно таким «в среднем» представляют себе «портрет» страны в экологическом контексте представители аудитории СМИ, в том числе люди и организации, ответственные за принятие управленческих решений в области экологии и природопользования.

Рисунок 1. *Освещение событий экологической тематики в СМИ (по данным архива www.ria.ru за 2006–2012 гг.)*
Figure 1. *Coverage of environmental themes in mass media (according to the archive www.ria.ru for 2006–2012)*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Карта, представленная на рисунке 1, иллюстрирует общую картину распределения информационных сюжетов экологической тематики по регионам России. В целом, наблюдается тенденция к увеличению интересов СМИ к событиям и явлениям в сфере экологии от западных регионов к восточным. Сюжеты о регионах Дальнего Востока и, в меньшей степени, Восточной Сибири достаточно регулярны, а их территориальная принадлежность суммарно охватывает почти всю территорию Зауралья. В Европейской части России наблюдаются только отдельные очаги внимания СМИ к новостям экологического контекста. Два основных выявленных региона внимания – это одновременно и наиболее густонаселённые после Москвы субъекты РФ: Московская область и Краснодарский край. Однако повышенное внимание СМИ к этим территориям объясняется не только их населённостью, но и совокупностью других факторов. В первом случае это близость к столице, а во втором – ряд событий, произошедших в выбранный для исследования промежуток времени, в том числе, подготовка к Олимпиаде в Сочи.

Количество сюжетов об опасных природных и климатических явлениях в год	Преобладающая тематика сюжетов				
	Природные пожары	Паводковые наводнения	Неблагоприятные погодные условия	Лавинная опасность	Землетрясения
более 20					
5 - 20					
менее 5					

Рисунок 2. *Региональные новостные сюжеты об опасных природных и климатических явлениях (по данным архива www.ria.ru за 2006–2012 гг.)*
Figure 2. *Regional news on natural and climatic phenomena (according to the archive www.ria.ru for 2006–2012)*

Весьма характерно отобразилось на карте кольцо регионов, окружающих Московскую область. В основном, составляющие его субъекты РФ характеризуются наименьшим количеством сюжетов по экологической тематике. Как правило, если в новостях идёт речь об этих регионах, одновременно упоминаются сразу несколько субъектов РФ, т.е. сюжеты привязаны

не к локальным точкам, а к достаточно обширным пространствам (например, Европейской части России в целом) и, следовательно, не были внесены в базу данных.

Количественная неравномерность распределения сюжетов по регионам усугубляется при появлении какой-либо «горячей» новости (например, крупной природной катастрофы), т.к. срабатывает эффект «снежного кома», когда по каждой новой подробности, ставшей известной журналистам, создаётся новый информационный сюжет. Таких сюжетов по одной и той же теме может появляться до нескольких десятков в день происшествия, а также в последующие дни, когда делаются обобщения, выводы о последствиях, появляются новые точки зрения на произошедшее событие. Таким образом, всего за день ранее почти не фигурировавший в новостях регион становится лидером по количеству новостей. Чем длиннее временной промежуток, за который рассматриваются новостные сюжеты, тем менее заметны на общем фоне подобные региональные всплески активности СМИ.

На рисунке 2 представлено распределение по субъектам РФ освещаемых в СМИ природных и климатических явлений, связанных с ограничениями каких-либо аспектов жизнедеятельности человека, угрозой его жизни или здоровью, либо риском нанесения материального ущерба. Среди информационных сюжетов такого типа выделяются следующие преобладающие темы: лесные пожары, паводки, опасные погодные условия, лавинная опасность, землетрясения. При этом для большинства регионов можно достаточно чётко выделить одну из перечисленных тем, существенно превосходящую по количеству сюжетов остальные тематические категории.

Цветовой фон на карте передаёт два параметра: количество сюжетов об опасных природных и климатических явлениях в год (на карте этому параметру соответствует насыщенность цвета) и преобладающую тематику таких новостей (цветовой тон). В случае, если сюжетов в сумме менее пяти в год, преобладающая тематика не выделяется – такие регионы обозначены в легенде отдельным наиболее светлым оттенком.

По данной карте достаточно чётко прослеживаются географические закономерности распределения преобладающих категорий новостей. Сюжеты с тематикой «опасные погодные условия» в основном доминируют в новостях о регионах, имеющих выход к морю. Часто повторяющиеся новости о сильных ливнях, снегопадах, штормовых предупреждениях, закрытии автодорог или отмене авиарейсов по причине неблагоприятных погодных условий – всё это становится важным фактором формирования массовых представлений о таких регионах как, например, Сахалинская область и Камчатский край. Данная категория сюжетов преобладает во всех притихоокеанских субъектах РФ, а также некоторых других приморских регионах: Краснодарском крае, Дагестане, Ленинградской и Калининградской областях.

Преобладание тематики «паводки» наблюдается в новостях из Республики Саха (Якутия), а также в некоторых других регионах, где протекают крупнейшие реки: Красноярском крае (Енисей), Алтайском крае (Обь), Саратовской области (Волга). Вспышки новостной активности СМИ на тему наводнений, затоплениях деревень в бассейнах крупных рек, как правило, имеют регулярный сезонный характер, почти ежегодно проявляясь весной в период половодья.

Доминирование новостей о лесных пожарах над другими сюжетами об опасных природных и климатических явлениях наиболее выражено в Московской области (в основном за счёт новостей лета 2010 года), а также Томской области и Забайкальском крае, где наблюдались сильнейшие лесные пожары в 2012 году.

Также выделяется группа регионов Северного Кавказа с доминированием сюжетов о лавинной опасности, как правило, приводящей к перекрытию горных дорог.

Отдельным цветом на карте оказалась выделена Республика Тыва, где произошли сильные землетрясения в 2011 и 2012 годах, повлёкшие за собой множественные разрушения, ущерб которых оценивается в несколько миллиардов рублей. Это единственный регион с преобладанием тематики «землетрясения».

На рисунке 3 представлено совмещение данных о количестве сюжетов «РИА Новости» и официальных статистических данных о том же самом явлении – природных пожарах. С помощью способа картограмм показана доля площади территории субъектов РФ, пройденная огнём в среднем за 1 год, а при помощи картодиаграмм – число сюжетов о природных пожарах, также в среднем за 1 год. Оба показателя рассчитаны за один и тот же период – с 2006 по 2012 год.

Рисунок 3. *Лесные пожары и их освещение в СМИ*
(по данным Росстата и архива www.ria.ru за 2006–2012 гг.)
Figure 3. *Forest fires and their coverage by media*
(according to Rosstat and archive www.ria.ru for 2006–2012)

Как и следовало ожидать, по карте наглядно видно, что прямой зависимости между этими двумя показателями не наблюдается. В некоторых регионах внимание СМИ к природным пожарам явно преувеличено: например, в Камчатском крае, Архангельской, Ростовской, Волгоградской областях, где сюжетов о природных пожарах было довольно много, хотя площадь пожаров была относительно небольшой. При этом есть регионы и с обратной ситуацией – сильно пострадавшие от лесных пожаров, но мало упоминавшиеся в СМИ по этому поводу. Среди них, например, Курганская область, Омская область, Еврейская автономная область.

Можно выделить следующий ряд обстоятельств, при которых можно ожидать повышенную активность СМИ при освещении природных пожаров:

1. Если регион многонаселённый и лесные пожары представляют большую угрозу для жителей, чем в малонаселённых субъектах РФ;
2. Если природные пожары приводят к человеческим жертвам или наносят существенный ущерб хозяйству региона;
3. Если пожары затрагивают какие-либо уникальные особо охраняемые природные объекты;
4. Если площадь или количество природных пожаров резко увеличивается относительно среднемноголетних значений.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования выявлены некоторые географические особенности массового информирования россиян о событиях в сфере экологии и природопользования, а также на примере природных пожаров предпринята попытка сравнения освещённости экологических явлений в СМИ и официальной статистики по исследуемому явлению. Определены регионы-лидеры по числу сюжетов природно-экологической тематики и сделаны выводы о причинах этого лидерства.

Обобщая факторы повышенного внимания СМИ к событиям в сфере экологии и природопользования, отметим основные из них:

1) Освещаемые события напрямую связаны с политическими или экономическими событиями не только регионального, но и федерального уровня (например, новости, касающиеся экологических аспектов подготовки к Олимпиаде в Сочи);

2) События вызывали сильный общественный резонанс: дискуссии, масштабные акции протеста и т.д. (например, защита Химкинского леса);

3) События повлекли гибель людей либо нанесли существенный вред здоровью населения (наводнение в Крымске, лесные пожары в Подмосковье) или урон хозяйству (например, авария на Саяно-Шушенской ГЭС);

4) Освещаемые явления представляют угрозу существования уникальных природных объектов (катастрофа Долины Гейзеров, загрязнение Байкала) или вымирания редких видов животных (защита популяции ирбиса, уссурийского тигра, запрет охоты на бельков);

Картографирование образных пространств на основе контент-анализа материалов СМИ – наглядный способ визуализации географических особенностей массовых представлений о территориях. Карты, построенные на основе данных, которые получены в ходе изучения архивов «РИА Новости» по природно-экологической тематике, выявили основные очаги внимания новостной службы за исследуемый период (2006-2012 гг.) и позволили сделать выводы о характере неравномерности распределения новостей природно-экологической тематики, а также о возможных причинах этой неравномерности.

Также на примере природных пожаров сделаны выводы о несоответствии количества сюжетов СМИ с реальной пожарной опасностью в регионах. На упоминаемость региона в СМИ влияет намного больше субъективных и объективных факторов, многие из которых невозможно оценить статистически.

Карты и базы данных, полученные в ходе исследования, могут быть использованы для оптимизации экологической информационной политики страны и отдельных регионов в рамках концепции перехода к устойчивому развитию.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Грибок М.В.* Анализ формирования образов регионов России в федеральных информационных программах телевидения с помощью ГИС: дисс. …канд. геогр. наук. – М.: 2009. – 138 с.
2. *Касьянов П.В.* Переход к устойчивому развитию: экологические, информационные, социальные и экономические предпосылки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2005. – № 4.
3. *Кочинева А., Берлова О., Колесникова В.* Экологическая журналистика. Учебное пособие. – М.: Центр координации и информации Социально-экологического Союза. 1999. [Электронный ресурс], URL: http://www.seu.ru/cci/lib/books/ecojour/.

4. *Перминова Ю.Ю., Тикунов В.С.* Образы регионов России в Интернете // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 148–156.
5. *Шихотарова Т.В., Белов Н.С.* Применение ментальных карт для оценки геоэкологических ситуаций региона (на примере Калининградской области) // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – 635 с.

Marina V. Gribok[1]

GEOGRAPHICAL FEATURES OF THE MASS MEDIA COVERAGE OF EVENTS IN THE FIELD OF ECOLOGY (ON THE EXAMPLE OF "RIA NOVOSTI")

ABSTRACT

Environmental problems are negative factors from the position of commitment to sustainable development, because they have a direct impact on the quality of life and well-being of the population. For Russia with its vast size of the territory the development of effective strategies on the issues of interaction between nature and society is possible only with the right approach to informing the public about the existing problems of the natural environment, occurring in different regions of the country.

Improving the quality of mass awareness of Russians about the environmental challenges and consequences of natural disasters occurring in different parts of the country, is an important task of the state on the path to sustainable development.

The purpose of this study is the analysis and mapping of data on the number of news on the theme of ecology and natural resources of Russia's regions by "RIA Novosti" agency. The study identified some geographical features of mass awareness of Russians about events in the field of ecology and environmental management. Regions-leaders by the number of news on natural environmental themes have been identified.

Also on the example of wildfires conclusions are made about the disparity between the number of media stories with real fire hazard in the regions. A lot more subjective and objective factors, many of which cannot be assessed statistically, impact on the mentioning of region in the media.

Maps and databases obtained in the research, can be used for optimization of environmental information policy of the country and regions in the framework of the concept of transition to sustainable development.

KEYWORDS:

mass media, sustainable development, cartography, environmental journalism, ecology

REFERENCES

1. Gribok M.V. Analiz formirovanija obrazov regionov Rossii v federal'nyh informacionnyh programmah televidenija s pomoshh'ju GIS [Analysis of the formation of regional images of Russia in Federal information television programs using GIS], PhD dissertation, Moscow: 2009, 138 p. (in Russian).
2. Kas'janov P.V. Perehod k ustojchivomu razvitiju: jekologicheskie, informacionnye, social'nye i ekonomicheskie predposylki [The transition to sustainable development: environmental, informational, social and economic background], Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' (nauchno-tehnicheskij zhurnal), 2005, No 4 (in Russian).

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1;
e-mail: marina.ary@gmail.com

3. Kochineva A., Berlova O., Kolesnikova V. Ekologicheskaja zhurnalistika. Uchebnoe posobie. [Environmental journalistics. Tutorial], Moscow: Centr koordinacii i informacii Social'no-ekologicheskogo Sojuza. 1999, [web resource], http://www.seu.ru/cci/lib/books/ecojour/ (in Russian).
4. Perminova Yu.Yu., Tikunov V.S. Obrazy regionov Rossii v Internete [Images of regions of Russia in the Internet], Geografiya i prirodnye resursy, 2014, № 3, pp. 148–156 (in Russian).
5. Shihotarova T.V., Belov N.S. Primenenie mental'nyh kart dlya ocenki geoekologicheskih situacij regiona (na primere Kaliningradskoj oblasti) [Using mind maps for assessment of geoecological situations in the region (by the example of Kaliningrad Region)], Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya, 2014, № 4, p. 635 (in Russian).

УДК 378:37.047+ 910 (07) DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-234-247

М.Р. Арпентьева[1]

МЕДИАТИЗАЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ МЕДИАБЕЗОПАСНОСТИ

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена проблемам взаимодействия правового и нравственного освоения медиатехнологий в контексте географического образования. Статья обобщает опыт теоретического анализа проблем медиатизации в географическом образовании, правовые и нравственные аспекты нарушений и пути их профилактики и коррекции в процессе учебно-воспитательного взаимодействия ученика и учителя, студента и преподавателя, опосредованного медиатехнологиями. Отмечается, что географическое образование в современном мире – это образование, тесно связанное с применением медиатехнологий. Если в других видах образования роль медиатехнологий в повышении качества образования менее очевидна, то в сфере преподавания и изучения географии она выступает весьма отчётливо. Поэтому и проблемы, связанные с медиатизацией образования, оказываются весьма значимыми, а их решение – особенно настоятельным. Эти проблемы, в первую очередь, связаны с активно протекающим социальным, экономическим, политическим, идеологическим кризисом многих сообществ и стран Земли. Многие из них как в «зеркале» отражаются в сфере высоких технологий, в том числе медиатехнологий. Предлагаются рекомендации и направления коррекции нарушений на индивидуальном и социальном уровнях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

правовое пространство, нравственное пространство, медиатехнологии, географическое образование, коррекция, деформации

ВВЕДЕНИЕ

Географическое образование в современном мире – это образование, тесно связанное с применением медиатехнологий. Если в других видах образования роль медиатехнологий в повышении качества образования менее очевидна, то в сфере преподавания и изучения географии она выступает весьма отчётливо, конкурируя с такими сферами, как подготовка переводчиков и инженеров, специалистов IT и программирования. Поэтому и проблемы, свя-

---

[1] Калужский государственный университет имени К.Э. Циолковского; Россия, 248023, ул. Разина Ст., 22/48, 809 ауд.; *e-mail:* mariam_rav@mail.ru

занные с его медиатизацией, оказываются весьма значимыми, а их решение – особенно настоятельным. Эти проблемы, в первую очередь, связаны с активно протекающим социальным, экономическим, политическим, идеологическим кризисом многих сообществ и стран Земли. Многие из них как в «зеркале» отражаются в сфере высоких технологий, в том числе, медиатехнологий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Статья обобщает опыт теоретического анализа проблем медиатизации в географическом образовании, правовые и нравственные аспекты нарушений и пути их профилактики и коррекции в процессе учебно-воспитательного взаимодействия ученика и учителя, студента и преподавателя, опосредованного медиатехнологиями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

А. МЕДИАТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОЙ ГЕОГРАФИИ И ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

География часто определяется как наука о территориальной организации макромира, которая исследуется на ландшафтном уровне (или уровне объектов, которые владеют свойством эмерджентности) и на уровне изучения территориальной организации самих ландшафтных компонентов. В современной географии, помимо внимания к исследованию Земли природных ландшафтов и регионов как таковых, много внимания уделяется социальным процессам, географические аспекты которых отражены в понятиях социальной, экономической, политической и т.д. географии. Окружающая человека природная среда настолько трансформирована его собственной деятельностью, что он может изучать Землю и её ландшафты как культурные: как результат совокупного действия природных и антропогенных факторов. Человек и результаты его хозяйственной деятельности предстают перед учёными как компоненты ландшафта, а процессы, ими обусловленные, – как внутриландшафтные процессы [Тютюнник, 2003, 2011]. Что же касается медиатехнологий, они также вносят свой вклад в трансформацию ландшафтов, в первую очередь, ландшафтов культурных, создавая новые феномены и реактивизируя «старые» феномены взаимодействия человека и Земли. Такие, например, как кочевничество, возродившееся в нынешнем веке как «цифровое кочевничество» и др. Это говорит о том, что можно ставить вопрос о «медиаландшафтах» и медиагеографии как географии медийных технологий, выступающих для человечества не только как обычное «средство» решения задач, но и как квазисубъекты.

Таким образом, современная наука и практика географии развиваются и дополняются: к природоведческой («физической») географии добавилась общественная («социально-экономическая») и т.д. Медиатехнологии, ИКТ интенсивно меняют отношения между людьми и сообществами, инициируя собственные и сопутствующие процессы в общественной географии. Так, информационно-коммуникационные технологии стали одним из стимулов развития глобализации, как становления и развития мирового сообщества. Они же выступили как фактор деструкции отношений до социальной аномии и деградации традиционных сообществ и культур, их нравственных ценностей. Они внесли вклад в разрушение одних культурных ландшафтов и созданию других, а также их универсализацию и индивидуализацию [Агдавлетова, 2014; Антюхов, Жуков, Кадулин, Примакин, 2000; Арестова, Бабанин, Войскунский, 1996; Бабаш, Баранова, Мельников, 2013; Бодрийяр, 2006; Велижанцева, 2015; Вехов, 1998; Внебрачных, 2012; Войскунский, 2000; Гаврилов, Смирнов, 2003; Информационная безопасность …, 2014; Фридинский, 2008].

Медиатехнологии, их массовое проникновение в жизнь человечества существенно изменили ландшафт человеческой жизни, разрешив одни вопросы и проблемы, но поставив перед человечеством множество других: этических и правовых проблем. Современное человечество столкнулось, например, с вопросами нравственного и правового освоения интенсивно развивающихся цифровых и иных технологий. Биоэтика и техноэтика становятся од-

ними из ведущих отраслей научно-практических отношений, науки и культуры, обучения и воспитания. Современный этап развития информационных технологий характеризуется активностью и агрессивностью информационного воздействия на индивидуальное и общественное сознание: от «демократии шума» до более или менее открытых и скрытых информационных войн. Вместо свободы информатизации и информации, свободы знать или не знать что-либо, возникают проблемы информационной безопасности и свободы от дезинформации, проблемы взаимодействия и взаимного наложения и разрушения правового и нравственного пространств [Акопов, 2008, с. 66–71]. Этот процесс происходит на фоне тотального развала правовой системы «цивилизованных» стран, продемонстрировавших суть права как системы узаконенного произвола. Современное право имеет очень мало общего с нравственными законами, стремясь разрушить эти законы как конкурирующие. Оно направлено на попытку «монопольного» управления обществом, игнорирующим нравственные ценности.

Информационные технологии – важный фактор формирования и развития человечества XXI века. Как отмечают многие исследователи, информационные технологии – важный фактор социального развития и социальной деградации, и, значит, важный фактор развития и деградации культурных ландшафтов. На наш взгляд, сами по себе технологии не создают и не разрушают общество, но отражают те процессы, которые протекают в нём при разрушении или восстановлении правового и нравственного пространств. Воздействие цифровых технологий революционно. Оно трансформирует образ и качество жизни людей, образование и труд, семейные отношения, меняет технологии и смыслы взаимодействия правительства и гражданского общества. Взаимодействие всё меньше становится индивидуализированным и персонифицированным, все менее обращённым и оцениваемым с нравственной точки зрения. Медиатехнологии включаются в аномичные, отчуждённые отношения людей, гротескно и порой трагически усиливая имеющиеся проблемы этих отношений. Интернет и другие медиатехнологии становятся зеркалом социального коллапса, психологических и правовых проблем общественных отношений, связанных с вестернизацией и глобализацией, а также с «этническим возрождением и «религиозным ренессансом» и т.д. Вестернизация предложила всему миру заменить нравственное начало произволом правового, расширить правовое пространство одной страны, одной группы людей на весь мир. Этот процесс особенно активно протекал и протекает во всех странах, лишённых потребности отстаивать нравственные принципы. В этих странах идентичность человека и общества лишена корней – национальной идеологии, отношения не привязывают человека к семье и его родине, количество «цифровых кочевников» всё более растёт. Информатизация в этих странах неминуемо сопровождается ростом цифровой (информационной) преступности и общим ростом «демократии шума»: чтобы заставить людей окончательно забыть о нравственном, уничтожить нравственное пространство, а также максимально размыть пространство правовое, превратив правовые институты в институты легитимного подавления населения, доведения населения до состояния полного невежества и десакрализации, подчинив воле правящего меньшинства. Интернет и иные медиа стали основным каналом манипулятивной пропаганды, деформации понимания себя и мира у людей многих сообществ, основным способом навязывания чуждых им ценностей и моделей поведения. Ответный процесс под названием этнический и религиозный «ренессанс» также вызвал всплеск интереса к ресурсам интернет и медиатехнологий, а также волну преступности под названиями «медиатерроризм» или «кибертерроризм». Глобализация и медиатехнологии «расширили» мир человека, дав возможность общения со всем миром. Они же способствуют изоляции групп, пропагандируют и стимулируют развитие конфликтов, войн, насилия и преступности, болезни и смерти: начиная с «безобидной» компьютерной зависимости и заканчивая организацией масштабных военных действий, попыток передела мира и т.д.

Для географа этот процесс не может не быть предметом профессионального осмысления, не может не сказываться на процессах подготовки специалистов в области географии,

географическом образовании, на его формах и содержании. При этом обучающиеся становятся и потенциальными «жертвами» психологических и правовых нарушений в медиатехнологиях, ИКТ. И, таким образом, могут выступать субъектами и объектами специальных исследований, обучения и помощи.

В целом, современный этап развития информационных технологий характеризуется активностью информационного воздействия на индивидуальное и общественное сознание, учебную и профессиональную жизнь человека, а также его личную и семейную жизнь и отношения с миром. Это воздействие простирается вплоть до открытых и скрытых информационных войн, трансформаций языкового общения и отношений людей, ограничения свободы информации как свободы знать или не знать что-либо, наряду с демократией шума» и псевдознаний. Все более важной становится проблема информационной безопасности, дезинформации и лжи. Воздействие цифровых технологий затрагивает образ и качество жизни и отношений к себе и миру, трансформирует образование и профессиональный труд, изменяет семейные отношения, а также практики жизнедеятельности государства и общества. Информатизация содействует и росту групповой идентичности, и осознанию людьми своих различий. Она может использоваться и используется для нагнетания напряжённости в мире. Например, посредством создания нового вида преступности – цифровой (информационной) . Кроме того, с нею связан рост «демократии шума», при котором человек вынужден перерабатывать информацию определёнными способами и в определённое время, навязываемое СМИ. Эта информация чаще всего ему не нужна, а усилия, потраченные на её переработку, наносят ущерб качеству работы – той, которая нужна именно данному человеку, тогда и так, как нужно именно ему. Однако до сих пор общество рассматривает проблемы кибербезопасности, проблемы информационных технологий в производстве и образовании и проблемы самого медиаобразования отдельно, что тормозит исследование и практическое решение многих важных вопросов.

Б. ПРОБЛЕМЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ И КИБЕРТЕРРОРИЗМА В ГЕОГРАФИЧЕКОМ ОБРАЗОВАНИИ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЧНОСТИ

Географическое образование, как и практика работы современного географа, включает множество задач, решение которых достигается с помощью ИКТ, медиатехнологий. По этой причине обучающийся в вузе сталкивается со множеством вопросов, в том числе с вопросами, связанными с нравственно-психологическими и правовыми аспектами их применения. Задача преподавателей, вуза, – привить или развить культуру обращения обучающихся с медиатехнологиями, включая Интернет. Им нужно помочь обучающимся найти правильный подход к самим себе как к людям и специалистам, владеющим столь мощными, инновационными средствами и технологиями решения повседневных бытовых и профессиональных задач.

Традиционно проблема исследований цифровой безопасности включает два основных направления: проблема жертв Интернета и проблема преступлений в Интернете. Проблема жертв Интернета тесно связана с проблемой интернет-зависимости и личностным контекстом жизнедеятельности, она играет большую роль в образовании и профессиональной деятельности индивидов, включая менеджеров и управленцев производственными и иными организациями. Проблема кибер-терроризма – это, в большинстве случаев, проблема организационного уровня, проблема управления политикой и экономикой страны, а также вопрос формирования деструктивных, опасных для себя и окружающих личностей, групп и организаций, деструктивности самого государства и общества как таковых. Деструктивно направленная, опасная для себя и окружающих личность формируется в специфических условиях, приводящих к «личностным удвоениям» и иным «расщеплениям». К сожалению, коллизии данного уровня описаны и исцеляются длительно и скорее в практике духовно-религиозной, чем психологической, медицинской или социальной помощи. Они напрямую связаны с социальным заказом и нормативами сообществ. В них деформации личности, в том числе учебной, профессиональной, семейной и общей жизнедеятельности, типичны и нормальны. По-

лагается естественным скорее не понимать себя и мир, чем понимать, скорее не уважать себя и мир, чем уважать, скорее отчуждаться, чем любить, скорее не быть человеком, чем быть. В практике духовной поддержки и наставничества они описаны, например, как одержимость, которая преодолевается через механизмы служения, епитимьи и покаяния. В классической психиатрии, медицине и психологии эти стояния описаны и изучены гораздо меньше психических нарушений. Психопатии и социопатии лиц, не считающихся ни с кем, испытывающих желание и удовольствие унижать, причинять боль или даже убивать и насиловать, преследовать и травить окружающих, либо терпятся как вариант нормы, либо подлежат санкционированному «уничтожению». Работа с «должностными», уголовными и иными преступниками, по сути, не предполагается. Внутренняя суть нарушения – отказ быть человеком, – приводящая к тому, что человек становится опасным для себя и окружающих, – остаётся вне внимания специалистов. Вместе с тем, оно начинается как удовольствие власти и стремление уничтожать себе подобных в конкурентной борьбе за выживание и размножение, перерастает в отказ признавать их людьми. Как завершающая стадия нарушения, – возникает отказ считать человеком самого себя. Данное нарушение, которое названо нами «протравматическое стрессовое расстройство», сходно с феноменами самоповреждающего и самозатрудняющего поведения, но лишено переживания за ответственность и причастность к преступлениям – против нравственности и против законов. Оно является формой компенсации состояний беспомощности и бессилия, переживаемых человеком на протяжении всей его жизни. Не имея возможности уйти от насилия, человек создаёт его бесконечные «круги» и «спираль». Спираль насилия, раскручиваясь, вовлекает в себя всё новых участников, в том числе тех, кто выполняет функции «финальной ситуации» для того, кто её активировал. В рамках этой спирали люди балансируют между тотальным подавлением и таким же тотальным взрывом, находя временное облегчение в более или менее скрытом и скрываемом протесте против мира, включая протесты кибер-терроризма. Отчуждение также часто выливается и в банальную «цифровую зависимость»: результат нарушенных связей с собой и миром.

Как писал Ж. Бодрийяр, многие феномены социального взаимодействия в эпоху постмодерна связаны с отказом от деятельности и «усталостью» как своеобразной деятельностью: «…эта усталость … имеет ту же функцию разоблачения, что насилие и ненасилие… Усталость гражданина постиндустриального общества недалека от скрытой забастовки, …от «slowing down» («снижения активности») рабочих …или от школьной «скуки» …» [Бодрийяр, 2006, с.230]. Таким образом, «усталость не является пассивностью, противостоящей внешней социальной сверхактивности, – она, напротив, единственная форма активности, противостоящая … принуждению к общей пассивности, присущей современным общественным отношениям», «это активность, скрытое, хроническое восстание, само по себе бессознательное» [Бодрийяр, 2006, с.231]. При этом «её функция: «slowing down» во всех его формах является (как невроз) единственным выходом, чтобы избежать тотального и настоящего «break down» (разрушения)» [Бодрийяр, 2006, с.232]. Ощущение себя неудачником, « двоечником» или « троечником», отражает логику депрессивности, которая «повторяет саму логику потребления. В этой логике «потребности и удовлетворения, не будучи связаны с объективной функцией предметов, сменяют друг друга, отсылают друг к другу, заменяют друг друга в функции фундаментального неудовлетворения» [Бодрийяр, 2006, с.233]. Внешне парадоксально, но «депрессия расцветает там, где прекращаются принуждения к труду и где начинается (должно бы начаться) время удовлетворения» [Бодрийяр, 2006, с.233]. Школярство школьников и студентов и иные формы избегания реальной учебной деятельности особенно обозначает свою суть во «время досуга». Оно показывает, как развивается на фоне потребляемой «свободы» и «досуга» спрос на настоящий труд: «… в этом неэкономическом спросе на труд выражается вся агрессивность, неудовлетворённая в потреблении и досуге» [Бодрийяр, 2006, с.234]. Даже цифровые кочевники, как кажется, достигшие высокой степени свободы и способности самостоятельно строить свою жизнь, сталкиваются с этой проблемой. Бегство от сложностей жизни её не решает, реальное или виртуальное, медиапуте-

шествие не даёт внутренней свободы так же, как и внутренней ответственности. Общество же такую ответственность и усилия по её отстаиванию в большинстве стран «цивилизованного» мира давно передало государству. Однако любой продуктивный труд, конструктивная деятельность предполагают наличие усилий. Как писал в свое время У. Глассер в терапии реальностью, «быть неудачником просто» [Глассер, 1991]. Деструктивная, в том числе террористическая и экстремистская деятельность усилий не требует. Она возникает как результат бездействия, как результат прогрессирующего отказа отвечать за свою жизнь и жизнь окружающих людей. При интенсивном и более или менее открытом противостоянии тенденций унификации и включения – индивидуализации и обособления, контроля и бесконтрольности, развития и стагнации, личность вынуждена почти «интуитивно», нерефлексивно выбирать путь своей жизни, развития, направления учебного и научного поиска в процессе становления как специалиста-географа. Интенсивность и качество такого противостояния, вместе с тем, варьируют в разных общностях («пространствах») и в разные периоды, «времена». Как правило, противостояние обостряется в ситуации нравственных и социальных кризисов. В современной России, в эпоху медиатизации оба типа кризисов не просто «в наличии», но и проходят период обострения, сменяя друг друга и переходя от «плохого к худшему». Население с каждым годом растрачивает остатки воспитанных советским обществом нравственных ценностей, заменяемых ценностями потребления и «демократической» вседозволенности. А государство всё интенсивнее вторгается в жизнь граждан, поскольку поддерживаемые им ценности «свободы» и «гласности» – не более чем удобная симуляция, призванная скрыть истинные ценности и цели «тотального контроля» и государства – тюрьмы. Тюрьме же, как известно, образованные и свободные люди не нужны. Попадая в неё, они либо умирают, создавая проблемы утилизации, по достоинству оценённые практиками фашистских концлагерей, либо «взрывают» систему изнутри. Поэтому по всему миру уже третий век кочует практика концлагерей, а до этого – практика резерваций, колоний и т.д., с их весьма специфическими социокультурными, политическими и экономическими ландшафтами. Медиатизация позволяет человеку колонизировать, свести к рабу, уже самого себя. Тотальный отказ от себя и своей жизни и замены её на жизнь машины, «медиатехнологии», есть путь прогрессирующего самоуничтожения. На этом фоне интересно то, что и терроризм, и проявления киберзависимости, и иные нарушения взаимодействия человека и медиатехнологий, имеют чётко очерченные ландшафты и чёткую динамику. Вместе с тем, начавшись в одном месте, кибертерроризм, киберзависимость и иные последствия начинают захватывать всё новые территории, «отвоёвывая» территории, в которых всё ещё сохранялись нравственные нормы и регулятивы. Географическое сознание, привязывающее события к определённому месту, в киберпространствах оказывается неподходящим: это и расширяет, и сужает его возможности.

Неслучайно современная эпоха часто называется магической: это эпоха «минималистской морали, свободной от каких-либо предписаний» постмодернистской неопределённости как множественности истины, алеаторного распространения ценностей [Гаврилов, Смирнов, 2003; Гарев, 2007; Гафнер, 2010; Haraway, 1991; Hayles, 2005]. Экзистенциальный вакуум размывает границы не только культур, но и личности. Он превращает большинство представителей культуры в маргиналов – субъектов, не имеющих определённого понимания себя и мира. Маргинализация – результат развития в условиях «дигитализации» образа жизни и нравственности, в условиях социальной аномии и родства с машинами, при котором компьютеры заменяют семью, родителей, детей, супругов [Hayles, 2005]. Экзистенциальный вакуум разрушает и само понимание себя и мира. Описывая современные поколения обучающихся и обучащихся как поколения «эхо-бумеров», «цифровых аборигенов» или «Питеров Пэнов», исследователи подчёркивают их личностную и социальную незрелость. Отмечается почти полное отсутствие нравственного воспитания. А содержательно обеднённое обучение (организованное по требованиям «Болонской системы» «ФГОС» и прочим деструктивным имитациям инноваций), приводит к вполне естественной задержке развития наряду с явлениями раннего когнитивного и нравственного «старения». Характеризуя специфику взаимоот-

ношений в «пространстве симуляции», Ж.Бодрийяр [2000, с.282] говорит о них как о симуляции: ни собеседников, ни смысла сообщений уже не существует. Симулякр – это имитация несуществующего. Заложенное в симулякрах современной, дигитально-магической, постмодернисткой или «киберэпохи» отчуждение человека не только от других людей, от себя, но и самой идеи человеческого, превращает человека в такой же маргинальный объект, как и остальные. Этот объект вместе с устаревшим нравственным законом и его смыслом может быть уничтожен любым – актуальным в рамках следующего симулякра права способом.

Однако лишь взаимодействие с другими – преподавателями, студентами, членами семьи и практикующими специалистами даёт студентам-географам возможность непосредственно обнаружить и пережить – встретить свою действительную «самость», человеческую индивидуальность и универсальные, общечеловеческие истины жизни, а также – свою профессиональную «самость», локализовав свои предпочтения и особенности как специалиста в сфере географической науки и практики. Реальная, а не виртуальная жизнь учит человека, куда и как ему двигаться, что принимать, а что давать, у кого и кому, когда и зачем. Совершая дела любви, в том числе в практиках социального служения, добросовестной профессиональной и учебной работы, отдавая и принимая заботу от других людей (в семье, школе и вузе, на работе и вне них), учась балансировать вклады в отношения и жизнедеятельность, студенты учатся понимать себя и мир. Школяр всегда может стать учеником: если позволит себе жить настоящим, реальным. Однако может и пойти дальше, к иллюзорным желаниям и преступлениям. Эксплуатирующая желания человека «интернет-машина удовольствий» очень быстро стала и машиной преступлений: преступление есть закономерный результат бесконтрольной трансгрессии, деградации личности и группы. Трансгрессия эта провоцируется экзистенциальной опустошённостью и усталостью, переживанием невостребованности и ненужности, а также отсутствием возможности влиять на собственную жизнь и мир. Трансгрессия как выход за пределы жизненного мира, его ценностей и норм, есть разрушение мира, причём, поскольку интернет задействует огромный спектр желаний человека, постольку трансгрессия, связанная с ним, носит характер тотальной. Эффективной она оказывается только в краткий промежуток времени, далее идут многочисленные прямые и косвенные потери деформаций учебной, производственной деятельности, психосоматического и нравственного здоровья населения региона. Трансгрессия может стать продуктивной, превратиться в трансценденцию, если опирается на ценности, культуру, включая запреты и ограничения желаний, ориентацию на нужное, глубинно «потребностное», человеческое, а не только «сформированное» маркетинговыми акциями и экономической пропагандой. Однако для этого нужна направленная работа всех преподавателей, в том числе, преподавателей географических и кибернетических дисциплин.

Профилактика и коррекция компьютерной зависимости, как и иных типов зависимостей у студентов-географов, так же, как и профилактика кибертерроризма, – должны занимать важное место в окружающих из общественных отношениях: начиная с семьи и заканчивая вузами, работой и СМИ. Это должны быть профилактика и коррекция, направленные на разделение желаний и нужд человека как личности и специалиста: компьютер и Интернет – средства учения и работы, но не основное место, не способ жизни или путь построения отношений с собой и миром. Для этого молодых людей нужно учить тем способам и нормам, которые с подачи «глобализирующегося мира» были отвергнуты и которые всё ещё не вернулись в повседневность.

Однако сегодняшний культурный ландшафт разрушен, а значительная часть жизни множества людей протекает в псевдомирах интернета или иных медиатехнологиях. При этом любой чат, игровой сайт и т.д. содержат возможности, а любое медиаустройство даёт возможности кибер-буллинга. В обществе с разрушенным культурным ландшафтом преступность и право – две необходимые части единого целого, удерживающие и структурирующие отношения людей и мира. Аналогичным образом, в обществе, где культура сохранна, основа и опора ландшафта – нравственность и служение. Право создано для того, чтобы выделять и

наказывать преступления, эксплуатируя людей и сообщества в нуждах отдельных лиц. Нравственность создана для того, чтобы поддерживать и развивать отношения, развиваясь и выживая вместе со всеми. В сообществах каннибалов – физических и социальных, таких как физические каннибалы первобытных групп или социальные каннибалы современного капитализма, – ни человек, ни общество развиваться не способны и активно двигаются к деградации и последующему вымиранию. Киберпреступность и киберзависимость особенно высоки там, где включены потребности «досугового» типа, а также такие желания, как разного рода наркомании, сексуальные извращения и «знакомства», суициды и насилие, развлекательные программы и ресурсы (кино, игры и т.д.), религиозные идеологии и движения и т.д., – там, где активность человеческих желаний максимальна. Таким образом, чем больше «хочет» человек, тем больше он «получит»: неумение контролировать свои желания и соотносить их с нуждами, – первый и основной признак того, что человек столкнётся с повышенным риском кибер-буллинга и иных кибер-преступлений, что он может быть втянут в различные преступные аферы и «акции», как жертва или преследователь. Эти люди не умеют контролировать свои желания, становятся их рабами, и, шагая по дороге желаний, попадают в западню. В том числе – западню профессиональную: профессиональных деформаций и профессиональной невостребованности. Оттуда они способны «вернуться» в реальность повседневную, нанеся уже не только психологический, но и материально-физический урон человеку или организации. Таким образом, проблема цифровой безопасности – одна из актуальнейших проблем современного общества, решение которой требует, в первую очередь, восстановления культуры как системы нравственных норм, разрешений и запретов.

Кибер-терроризм является угрозой для людей, групп, организаций и стран, чья деятельность тесно связана с информационными сетями и «высокими технологиями». Учёные называют его причину – чрезмерность желаний человека: в том числе преобладание досуговых ориентаций над социально-полезными, ориентация на желания, а не на нужды, включая гиподинамию и лень, отчуждение и эгоцентризм и т.д., комфорт и пресыщенность. Этот процесс также связан с общим кризисом воспитания и образования в семье и школе, их «заменой» квазивоспитанием и квазиобразованием СМИ, стабильно избегающими любого сколько-нибудь серьёзного обсуждения важнейших вопросов и заменяющих их пропагандой псевдокультуры; наблюдается и общая криминализация среды жизни людей, привыкание населения к росту репрессий и активизации вмешательства в жизнь человека, в том числе с помощью цифровых технологий, других людей, общества и государства, легитимизация беззакония и противоречий в законах, декларируемых и выполняемых нормах. Человек встречается с тотальной фрустрацией стремления развития на уровне реализации жизненных планов, что ещё более деформирует системы жизненных приоритетов и разрушает культуру, заполняя опустошённые ниши попытками создания «лоскутной религиозности». Всё это вызывает многочисленные формы кибер-терроризма как деятельности. Эта деятельность направлена на нанесение ущерба жизненно важным объектам информационной инфраструктуры, включая совокупность незаконных, нарушающих права людей и организаций действий, связанных с (угрозами) расправ / покушений на жизнь и здоровье, благосостояние людей и организаций, искажение объективной информации, а также ряд других действий, способствующих нагнетанию напряжённости и дезориентации членов сообщества с целью получения преимуществ при решении политических, экономических или социальных задач. Как только технологии становятся «квазисубъектами», как только человек фокусируется на собственных желаниях, разрушая ради них связи с другими людьми и самим собой, «забывая» о реальности, цифровые технологии становятся разрушительными. Поскольку их присутствие в жизни современных людей пока ещё недостаточно долго, постольку люди не выработали культуры отношений к ним и, таким образом, культуры отношений к себе, достаточной для того, чтобы делать кибер-технологии безопасными. Особенно это касается образования в школе и вузе, частных аспектов и направлений образования: если в сфере подготовки специалистов в области IT и программирования эта работа ведётся, то в иных сферах, включая географиче-

ское образование, часто нет даже попыток обращения к проблеме. Компьютеры, интернет, как «альтер-эго» человека, показывают ему все зоны его несовершенства, все точки роста, которые он может и нуждается реализовать: культура эмпатии, как сопереживания и этически наполненного отношения к себе и другим, как к людям; уважение к себе и другим людям, принятие и толерантность различий, непонимания; децентрированность и открытость новом опыту, готовность к игре и осмысленность процессов социального взаимодействия; ресакрализация и социальное служение, развитие как взаимопомощь и помощь другим, понимание предназначения и стремление его выполнить; выработка интегрированной идентичности и целостной жизненной позиции в противовес «лоскутному сознанию», фальшивой идентичности и «лоскутной», десакрализирующей мир, магической религиозности, стремление не только «брать» но и давать, не только «иметь» но и «быть; любовь к свободе и неопределённости, готовность и способность решать жизненные задачи самостоятельно, задавать собственные вопросы и искать собственные ответы; умение отличить подделку и ложь от настоящего, искренности, стремление повышать собственный культурный и, в том числе, духовный уровень; организация профессионального и учебного взаимодействия как сотрудничества, ведущая роль социального и человеческого капитала в противовес традиционной системе представлений о «самодостаточных» основаниях бизнеса, государственной власти, общественных интересов и мнений и т.д..

ВЫВОДЫ

1. География – наука о территориальной организации макромира, которая исследуется на ландшафтном уровне (или уровне объектов, которые владеют свойством эмерджентности) и на уровне изучения территориальной организации самих ландшафтных компонентов. В современной географии, помимо внимания к исследованию Земли природных ландшафтов и регионов как таковых, много внимания уделяется социальным процессам, географические аспекты которых отражены в понятиях социальной, экономической, политической и т.д. географии: окружающая человека природная среда настолько трансформирована его собственной деятельностью, что он может изучать Землю и её ландшафты как культурные, как результат совокупного действия природных и антропогенных факторов. Человек и результаты его хозяйственной деятельности предстают перед учёными как компоненты ландшафта, а процессы ими обусловленные – как внутриландшафтные процессы.
2. Медиатехнологии вносят значительный вклад в трансформацию ландшафтов, в первую очередь, ландшафтов культурных, создавая новые феномены и реактивизируя «старые» феномены взаимодействия человека и Земли, такие, например, как кочевничество, возродившееся в нынешнем веке как «цифровое кочевничество» и др. Это говорит о том, что мы можем ставить вопрос о «медиаландшафтах» и медиагеографии (географии медийных технологий). Таким образом, география развивается и дополняется: к природоведческой («физической») географии добавилась общественная («социально-экономическая») и т.д.
3. Медиатехнологии, их массовое проникновение в жизнь человечества, существенно меняют ландшафт человеческой жизни, разрешив одни вопросы и проблемы, но поставив перед человечеством множество других, этических и правовых проблем. Современное человечество столкнулось с проблемой нравственного и правового освоения интенсивно развивающихся цифровых и иных технологий: биоэтика и техноэтика становятся одними из ведущих отраслей научно-практических отношений, науки и культуры, обучения и воспитания. Медиатехнологии, ИКТ, интенсивно меняют отношения между людьми и сообществами, инициируя собственные и сопутствующие процессы в общественной географии. Так, информационно-коммуникационные технологии стали одним из стимулов развития глобализации как становления и развития мирового сообщества, и, параллельно, социальной аномии и разрушения традиционных культур и их нравственных ценностей, разрушения одних культурных ландшафтов и создания других.

4. Воздействие цифровых технологий революционно и трансформирует образ и качество жизни людей, образование и труд, семейные отношения, меняет технологии и смыслы взаимодействия правительства и гражданского общества: взаимодействие всё меньше становится индивидуализированным и персонифицированным, всё менее обращённым и оцениваемым с нравственной точки зрения. Информационные технологии – важный фактор социального развития и социальной деградации, и, значит, важный фактор развития и деградации культурных ландшафтов. Однако сами по себе медиатехнологии, ИКТ, не создают и не разрушают общество, но отражают те процессы, которые протекают в нём при разрушении или восстановлении правового и нравственного пространств.

5. Медиатизация ярко обнаруживает психологические и правовые проблемы общественных отношений, связанные с вестернизацией и глобализацией., а также с «этническим возрождением и «религиозным ренессансом» и т.д., при этом Интернет и иные медиа стали основным каналом манипулятивной пропаганды, деформации понимания себя и мира у людей многих сообществ, основным способом навязывания чуждых им ценностей и моделей поведения, активизации преступности под названиями «медиатерроризм» или «кибертерроризм».

6. Для географа этот процесс не может не быть предметом профессионального осмысления, не может не сказываться на процессах подготовки специалистов в области географии, географическом образовании, на его формах и содержании. Географическое образование в современном мире – это образование, тесно связанное с применением медиатехнологий. Хотя в обучении иностранным языкам они начали использоваться намного полнее и раньше, а в обучении схемотехнике или конструированию применяются шире и чаще, современные географические исследования и практика работы географа все более насыщаются ими: данные технологии входят в повседневный обиход и являются важнейшим инструментом работы учёных и практиков в сфере географии и географического образования. Если в других видах образования роль медиатехнологий в повышении качества образования менее значима, то в сфере преподавания и изучения географии она высока и становится всё более высокой. При этом обучающиеся становятся и потенциальными «жертвами» психологических и правовых нарушений в медиатехнологиях, ИКТ, и субъектами их исследования. Однако до сих пор практики и теоретики часто рассматривают проблемы кибербезопасности, проблемы информационных технологий в производстве и образовании и проблемы самого медиаобразования отдельно, что тормозит исследование и практическое решение многих важных вопросов.

7. Традиционно проблема исследований цифровой безопасности включает два основных направления: проблема жертв Интернета и проблема преступлений в Интернет. На этом фоне интересно отметить, что и терроризм, и проявления киберзависимости, и иные нарушения взаимодействия человека и медиатехнологий, имеют чётко очерченные ландшафты и чёткую динамику. Вместе с тем, начавшись в одном месте, кибертерроризм, киберзависимость и иные последствия начинают захватывать всё новые территории, «отвоёвывая» ландшафты, в которых всё еще сохранялись нравственные нормы и регулятивы.

8. Профилактика и коррекция компьютерной зависимости, как и иных типов зависимостей так же, как и профилактика кибертерроризма, – должны занимать важное место в общественных и образовательных отношениях: начиная от школы и семьи и заканчивая вузами, работой и СМИ. Это должны быть профилактика и коррекция, направленные на разделение желаний и нужд человека: компьютер и Интернет – средства учения и труда, но не основное место, не способ жизни или путь построения отношений с собой и миром. Однако сегодняшний культурный ландшафт разрушен, а значительная часть жизни множества людей протекает в псевдомире: в интернете, или она связана с другими ИКТ, медиатехнологиями. В обществе с разрушенным культурным ландшафтом преступность и право – две необходимые части единого целого, удерживающие и

структурирующие отношения людей и мира. В обществе, где культура сохранна, основа и опора ландшафта – нравственность и служение. Право создано для того, чтобы выделять и наказывать преступления, эксплуатируя людей и сообщества в нуждах отдельных лиц. Нравственность, как часть человеческой культуры развивающихся сообществ, создана для того, чтобы дать человеку возможность поддерживать и развивать отношения, развиваясь и выживая вместе со всеми.

9. Географическое образование, как и практика работы современного географа, включают множество задач, решение которых достигается с помощью ИКТ, медиатехнологий. Обучающийся в вузе поэтому сталкивается со множеством вопросов, в том числе с вопросами, связанными с нравственно-психологическими и правовыми аспектами их применения. Задача преподавателей, вуза, – привить или развить культуру обращения обучающихся с медиатехнологиями, включая Интернет, помочь обучающимся найти правильный подход к самим себе как к людям и специалистам, владеющим столь мощными средствами и технологиями решения повседневных бытовых и профессиональных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агдавлетова А.М.* Меры профилактики киберэкстремизма среди молодёжи // Информационные системы и технологии в образовании, науке и бизнесе (ИСиТ-2014). Материалы Всероссийской молодёжной научно-практической школы. – Кемерово: КГУ, 2014. – С. 13–14.
2. *Акопов А.Ю.* Свобода от зависимости. – СПб: Речь, 2008. – 224 с.
3. *Антюхов В.И., Жуков Ю.И., Кадулин В.Е., Примакин А.И.* Информационный терроризм: прошлое, настоящее и будущее // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. университета, МВД России, 2000. – № 1. – С. 57–64.
4. *Арестова О.Н., Бабанин Л.Н., Войскунский А.Е.* Коммуникация в компьютерных сетях: психологические детерминанты и последствия // Вестник Московского университета. – Серия 14. Психология. – 1996. – № 4. – С. 14–20.
5. *Бабаш А.В., Баранова Е.К., Мельников Ю.Н.* Информационная безопасность. Лабораторный практикум. – М.: КноРус, 2013. – 136 с.
6. *Бодрийяр Ж.* Соблазн. – М.: Ad Marginem, 2000. – 282 с.
7. *Бодрийяр Ж.* Усталость // Бодрийяр Ж. Общество потребления. Его мифы и с*труктуры.* – М.: Культурная революция; Республика, 2006. – С. 230–234.
8. *Велижанцева А.А.* Формирование негативных зависимостей в ИКТ-среде у детей и подростков // Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодёжи: Материалы внутривузовской конференции. 9–12 октября 2015 г. / Под ред. Г.Н. Чусавитиной, Е.В. Черновой, О.Л. Колобовой. – Магнитогорск: Магнитогорский Дом Печати, 2015. – С. 115–126.
9. *Вехов В.Б.* Компьютерные преступления: способы совершения, методики расследования. – М.: Право и закон, 1998. – С. 29–37.
10. *Внебрачных Р.А.* Троллинг как форма социальной агрессии в виртуальных сообществах // Вестник Удмуртского Университета. – 2012. – С. 48–51.
11. *Войскунский А.Е.* Феномен зависимости от Интернета // Гуманитарные исследования в Интернете. – М.: Екатеринбург: Академический проект, Деловая книга, 2000. – С. 100–131.
12. *Гаврилов Ю.В., Смирнов Л.В*. Современный терроризм: сущность, типология, проблемы противодействия. – М.: ЮИ МВД РФ, 2003. – 66 с.
13. *Гаврилова И.В.* Профилактика киберэкстремизма среди молодежи. Сборник статей / Под ред. Чусавитина Г.Н., Давлеткириева Л.З., Чернова Е.В. – М.: Академия, 2013. – С. 511.

14. *Гарев В.А.* Информационная борьба с международным терроризмом: теоретические и практические аспекты. Дисс. … канд. полит. наук. – М., 2007. – 293 с.
15. *Гафнер В.В.* Информационная безопасность. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2010. – 324 с.
16. *Глассер У.* Школы без неудачников. – М.: Прогресс, 1990. – 120 с.
17. *Игнатовский А.Д., Радков А.А.* Кибернетический терроризм как угроза безопасности // Культура. Духовность. Общество.– 2014. – № 12. – С. 66–71.
18. Информационная безопасность и вопросы профилактики кибер-экстремизма среди молодёжи (сборник статей) / Под ред. Г.Н. Чусавитиной, Е.В. Черновой. – Магнитогорск: Дом Печати, 2014. –203 с.
19. Информационная безопасность и вопросы профилактики киберэкстремизма среди молодёжи: Материалы внутривузовской конф. 9-12 октября 2015 г. / Под ред. Г.Н. Чусавитиной, Е.В. Черновой, О.Л. Колобовой. – Магнитогорск: Дом Печати, 2015. – 480 с.
20. *Тютюнник Ю.Г.* Философия географии. – Киев: Издательско-печатный комплекс Университета «Украина», 2011. – 204 с.
21. *Тютюнник Ю.Г.* Ландшафт: этимология, герменевтика, экзегетика // Totallogy-XXI. Постнекласичні дослідження. – Киев, 2003. – Вип. 10. – С. 54–71.
22. *Фридинский С.Н.* Молодёжный экстремизм как особо опасная форма проявления экстремистской деятельности // Юрид. мир. – 2008. – № 6. – С. 24.
23. *Haraway D.* Situated Knowledges // Simians, Cyborgs and Women / Ed. by D.J. Haraway. – N.Y., L.: Routledge, 1991. – pp. 183–201.
24. *Hayles N.K.* My Mother was a computer. – Chicago: Chicago University Press, 2005. – 288 p.

Mariam R. Arpentieva[1]

GEOGRAPHICAL EDUCATION MEDIATIZATION AND MEDIASECURITY ISSUES

ABSTRACT

The article is devoted to the interaction of legal and moral development of media technologies in the context of geographical education. The article summarizes the experience of the theoretical analysis of mediatization in geographic education, the legal and moral aspects of the disorders and ways of their prevention and correction in the process of educational interaction between teacher and student, between student and teacher, mediated mediatechnologies. It is noted that geographical education in the modern world is education, which is closely associated with the use of media technologies. In other types of education the role of media technologies in improving the quality of education is less obvious, in the field of teaching and learning geography, it speaks very clearly. Therefore, the problems associated with its mediatization, are very important and their solution is particularly compelling. These issues are primarily associated with actively flowing social, economic, political and ideological crisis in many communities and countries of the Earth. Many of them as in the "mirror" are reflected in the sphere of high technologies, including media technologies. The article provides guidance and direction to the correction of violations at the individual and social levels.

KEYWORDS

legal space, moral space, media technologies, geographical education, correction, distortion

[1] Tsiolkovskiy Kaluga State University; 248023, Kaluga, Razina st, 22/48, 1 build, 809 aud;
e-mail: mariam_rav@mail.ru

REFERENCES

1. Agdavletova A.M. Mery profilaktiki kiberekstremizma sredi molodezhi [Prevention of cyberactivism among young people]б, Informatsionnye sistemy i tekhnologii v obrazovanii, nauke i biznese (ISiT-2014). Materialy Vserossiyskoy molodezhnoy nauchno-prakticheskoy shkoly, Kemerovo: KGU, 2014, pp. 13–14 (in Russian).
2. Akopov A.Yu. Svoboda ot zavisimosti [Freedom from addiction], St. Petersburg: Rech', 2008, 224 p. (in Russian).
3. Antyukhov V.I., Zhukov Yu.I., Kadulin V.E., Primakin A.I. Informatsionnyy terrorizm: proshloe, nastoyashchee i budushchee [Information terrorism: past, present and future], Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii, St. Petersburg: Izd-vo St.-Peterburg. un-ta, MVD Rossii, 2000, No 1, pp. 57–64 (in Russian).
4. Arestova O.N., Babanin L.N., Voyskunskiy A.E. Kommunikatsiya v komp'yuternykh setyakh: psikhologicheskie determinanty i posledstviya [Communication in computer networks: psychological determinants and consequences], Vestnik Moskovskogo universiteta, Seriya 14. Psikhologiya, 1996, No 4, pp. 14–20 (in Russian).
5. Babash A.V., Baranova E.K., Mel'nikov Yu.N. Informatsionnaya bezopasnost'. Laboratornyy praktikum [Information security. Laboratory practice], Moscow: KnoRus, 2013, 136 p. (in Russian).
6. Baudrillard J. Soblazn [Seduction], Moscow: Ad Marginem, 2000, 282 p. (in Russian).
7. Baudrillard J. Ustalost' [Fatigue], Baudrillard J. Obshchestvo potrebleniya. Ego mify i struktury [The consumer Society. Its myths and structures], Moscow: Kul'turnaya revolyutsiya, Respublika, 2006, pp. 230–234. (in Russian).
8. Velizhantseva A.A. Formirovanie negativnykh zavisimostey v IKT-srede u detey i podrostkov [The Formation of negative dependencies in the ICT environment in children and adolescents]. Informatsionnaya bezopasnost' i voprosy profilaktiki kiberekstremizma sredi molodezhi: Materialy vnutrivuzovskoy konferentsii. 9–12 oktyabrya 2015 g., Pod red. G.N. Chusavitinoy, E.V. Chernovoy, O.L. Kolobovoy, Magnitogorsk: Magnitogorskiy Dom Pechati, 2015, pp.115–126 (in Russian).
9. Vekhov V.B. Komp'yuternye prestupleniya: sposoby soversheniya, metodiki rassledovaniya [Computer crimes: ways of making, methods of investigation], Moscow: Pravo i zakon, 1998, pp. 29–37 (in Russian).
10. Vnebrachnykh R.A. Trolling kak forma sotsial'noy agressii v virtual'nykh soobshchestvakh [Trolling as a form of social aggression in virtual communities], Vestnik Udmurtskogo Universiteta, 2012, pp. 48–51 (in Russian).
11. Voyskunskiy A.E. Fenomen zavisimosti ot Interneta [The Phenomenon of dependence on the Internet], Gumanitarnye issledovaniya v Internete, Moscow, Ekaterinburg: Akademicheskiy proekt, Delovaya kniga, 2000, pp. 100–131 (in Russian).
12. Gavrilov Yu.V., Smirnov L.V. Sovremennyy terrorizm: sushchnost', tipologiya, problemy protivodeystviya [Contemporary terrorism: nature, typology, problems of countering], Moscow: LI MVD RF, 2003, 66 p. (in Russian).
13. Gavrilova I.V. Profilaktika kiberekstremizma sredi molodezhi. Sbornik statey [Prevention of cyberactivism among young people. A collection of articles], Pod red. Chusavitina G.N., Davletkirieva L.Z., Chernova E.V., Moscow: Akademiya, 2013, 511 p. (in Russian).
14. Garev V.A. Informatsionnaya bor'ba s mezhdunarodnym terrorizmom: teoreticheskie i prakticheskie aspekty. Diss. … kand. polit. nauk [The Information struggle against international terrorism: theoretical and practical aspects. Diss. PhD. polit. sciences.], Moscow, 2007, 293 p. (in Russian).
15. Gafner V.V. Informatsionnaya bezopasnost' [Information security], Rostov-na-Donu: Feniks, 2010, 324 p. (in Russian).
16. Glasser U. Shkoly bez neudachnikov [Schools without losers], Moscow: Progress, 1990, 120 p. (in Russian).

17. Ignatovskiy A.D., Radkov A.A. Kiberneticheskiy terrorizm kak ugroza bezopasnosti [Cyber terrorism as a threat to security], Kul'tura. Dukhovnost'. Obshchestvo, 2014, No 12, pp. 66–71 (in Russian).
18. Informatsionnaya bezopasnost' i voprosy profilaktiki kiber-ekstremizma sredi molodezhi (sbornik statey) [Information security and prevention of cyber extremism among young people (collection of articles)], Pod red. G.N. Chusavitinoy, E.V. Chernovoy, Magnitogorsk: Dom Pechati, 2014, 203 p. (in Russian).
19. Informatsionnaya bezopasnost' i voprosy profilaktiki kiberekstremizma sredi molodezhi: Materialy vnutrivuzovskoy konf [Information security and the prevention of cyberactivism among youth: Proceedings of the University conference]. 9–12 oktyabrya 2015 g., Pod red. G.N. Chusavitinoy, E.V. Chernovoy, O.L. Kolobovoy, Magnitogorsk: Dom Pechati, 2015, 480 p. (in Russian).
20. Tyutyunnik Yu.G. Filosofiya geografii [Philosophy of geography], Kiev: Izdatel'sko-pechatnyy kompleks Universiteta "Ukraina", 2011, 204 p. (in Russian).
21. Tyutyunnik Yu.G. Landshaft: etimologiya, germenevtika, ekzegetika [Landscape: etymology, hermeneutics, exegesis], Totallogy-XXI. Postneklasichni doslidzhennya, Kiev, 2003, Vyp. 10, pp.54–71 (in Russian).
22. Fridinskiy P.N. Molodezhnyy ekstremizm kak osobo opasnaya forma proyavleniya ekstremistskoy deyatel'nosti [Youth extremism as a particularly dangerous form of manifestation of extremist activity], Yuridicheskii Mir, 2008, No 6, p. 24 (in Russian).
23. Haraway D. Situated Knowledges. Simians, Cyborgs and Women, Ed. by D.J. Haraway, N.Y., L. Routledge, 1991, pp. 183–201.
24. Hayles N.K. My Mother was a computer, Chicago, Chicago University Press, 2005, 288 p.

УДК 9.910.3 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-247-257

А.А. Сучилин[1], Л.А. Ушакова[2], М.Р. Владимирова[3], В. Ли[4]

ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

АННОТАЦИЯ

Рассматривается опыт внедрения в учебный процесс географического факультет МГУ новейших методов топографической съёмки, с использованием глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и наземного лазерного сканирования. Описано назначение и использование действующей опорной геодезической учебной сети при обучении студентов в рамках программы топографической практики. Раскрыты основные понятия и назначение аппаратуры геодезического класса пользовательского сегмента ГНСС как базового размещения референц-станции, так и мобильных комплексов. Приведена методика измерений, обработки накопленных данных после полевой фиксации (в режимах статика или кинематика)

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* asuhov308@gmail.com
[2] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; *e-mail:* la.ushakova@mail.ru
[3] Московский государственный университет Геодезии и Картографии (МИИГАиК); 105064, Россия, Москва, Гороховский пер., 4; *e-mail:* mvladimirova@yandex.ru
[4] ООО «Фирма Г.Ф.К.»; 111524, Россия, Москва, Перовская ул., 1, *e-mail:* v2561v@narod.ru

географических объектов и явлений с использованием ГНСС. Описана постоянно действующая сеть референц-станций факультета. Приведён натурный пример использования комплекса ГНСС студентами факультета исследуемого участка, собранные материалы использовались для последующего моделирования (восстановления рельефа) по результатам полевых измерений. В рамках перспективного развития сети референц-станций ГНСС МГУ, показана схема их размещения в меридиальном направлении на постоянной основе, что существенно расширит территориальный охват использования мобильных комплексов ГНСС в географических исследованиях. В рамках программы сохранения памятников культурного наследия России, показан пример совместного использования методик наземного лазерного сканирования и мобильного комплекса ГНСС, проведённого студентами и преподавателями ведущих московских ВУЗов и представителями ООО « Фирма Г.Ф.К.». Результат – фиксация геометрических характеристик объекта шагом 1 см в реальных координатах, что позволяет провести необходимое моделирование, визуализировать объект в перспективном виде, проводить необходимые измерения, строить сечения и т.п. Обсуждаются перспективы использования беспилотных летательных аппаратов (БЛА), оснащённых цифровой камерой и комплексом ГНСС, в целях крупномасштабного мониторинга подстилающей поверхности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), ГИС, референц-станции, лазерное сканирование

ВВЕДЕНИЕ

На географическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова большое и постоянное внимание уделяется полевой практике студентов, где закрепляются теоретические знания, полученные во время лекционных и семинарских занятий. Первая общегеографическая практика студентов проходит после окончания первого года обучения на полигоне учебно-научной базы «Сатино» (Боровский район, Калужская область), в программе которой важное место занимает топографическая практика.

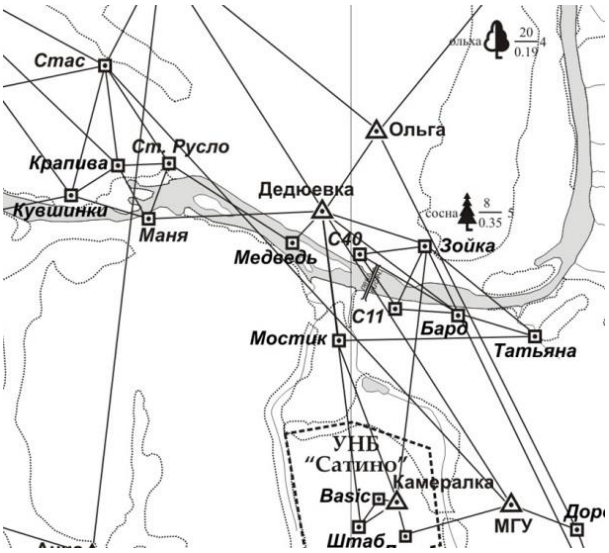


Рисунок 1. *Фрагмент учебной геодезической сети полигона*
Figure 1. *Fragment of the geodetic training network of the polygon*

Начиная с 70-х годов прошлого столетия на территории полигона, площадь которого составляет более 20 км.^{2}, была заложена учебная геодезическая сеть опорных пунктов полигона, назначение которой – геодезическое основание для крупномасштабного картографиро-

вания при проведении учебных географических исследований (рисунок 1). Сегодня их число составляет 32 долговременных знака, включая капитальные конструкции в виде пирамид.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Динамичное развёртывание в околоземном пространстве национальных спутниковых группировок (ГЛОНАСС/GPS) и их наземных составляющих, получивших термин – глобальная навигационная спутниковая система (ГНСС), назначение которой – определение пространственного местоположения объекта, сделало актуальным вопрос по внедрению новейших научно-технических методик в учебно-научный процесс факультета.

Для обучения студентов навыкам измерений в полевых условиях с использованием ГНСС, более пяти лет назад, при участии многолетнего партнера факультета ООО «Фирма GFK», официального представителя швейцарской компании «Leica GeoSystems» в России, на территории учебно-научного полигона была развёрнута базовая референц-станция ГНСС «Satino». Параллельно были приобретены мобильные высокоточные комплексы ГНСС, а также соответствующие программные продукты приёма и обработки измерений.

Рисунок 2. *Зона охвата территории действующими референц-станциями*
Figure 2. *Area covered by existing reference stations*

Назначение референц-станции – обеспечить дифференциальными поправками пользователей мобильных комплексов ГНСС, в рамках учебных мероприятий или научных исследований (например, профилирование, съёмка рельефа, планировка участка исследований, измерений локальных или площадных природных явлений, мониторинга смещений, сгуще-

ние/расширение геодезической сети полигона и т.п.), что позволяет обеспечить сантиметровую, а в случаях мониторинга и более высокую точность объектов [Курков и др., 2014]. Накопленные навигационные данные референц-станций аккумулируются на сервере в виде бинарного файла MDB и ZIP-файлов открытого формата обмена данных «Rinex», доступ к которым имеют студенты и сотрудники факультета через сеть Internet. Полученные результаты можно трансформировать в любую общеизвестную или локальную систему координат (СК).

Несколько позже, на территории метеообсерватории МГУ на Воробьёвых горах, был реализован совместный проект факультета и ООО «Фирма GFK» по установке и ввода в эксплуатацию второй базовой референц-станции «MO_MSU». Одновременная зона покрытия обеих референц-станций простирается в юго-западном направлении от Сергиева Посада до Калуги, позволяя проводить исследования на значительной территории в любое время года и суток (рисунок 2).

Кроме того, обработка материалов полевых наблюдений относительно двух референц-станций позволяет получить статистически более надёжное и точное решение при обработке измерений и соответственно координаты на площадке исследований, оперативно интегрировать их в геоинформационную часть проекта исследований, проводить необходимое моделирование.

Как было отмечено выше, приёмники референц-станций факультета принимают сигналы активных спутниковых группировок «ГЛОНАСС/GPS», однако после развёртывания глобальных систем европейского союза «Galileo» и китайской «Beidou», ввод в эксплуатацию которых предполагается в 2020 г., появится возможность получения данных и с этих спутниковых систем.

Введение в эксплуатацию двух референц-станций ГНСС, вывело географический факультет в лидеры среди естественных факультетов МГУ по использованию ГНСС в учебно-научной деятельности. Уже на первом курсе, в рамках учебных семинаров, студенты знакомятся с простыми приёмниками (так называемыми «наладонниками»), предлагающими кодовое решение навигационных задач. На полевой топографической практике в Сатино они приобретают навыки работы с высокоточными мобильными двухчастотными приёмниками, позволяющими получать информацию на основе фазовых решений при измерении различных характеристик земной поверхности, что коррелирует с программой учебной топографической практики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные навыки студенты используют в рамках различных тематических направлений в своих исследованиях. Используя мобильный комплекс ГНСС, оперативно получают высотно-плановые координаты объекта исследований относительно референц-станции ГНСС факультета при решении следующих задач:

- планировка и измерение точек планово-высотного обоснования (ПВО) исследуемого участка, с последующим составлением его плана/карты;
- площадное нивелирование для выявления форм микрорельефа;
- продольное и поперечное профилирования речных долин и оврагов;
- профилирование подстилающей поверхности рек и озёр (совместно с эхолотом);
- съёмка морфологических частей географического ландшафта (урочищ и фаций);
- фиксация границ локальных/глобальных ареалов распространения природных явлений;
- фиксация координат точек измерений микроклиматических параметров, и т.п.

Так, например, с помощью мобильного комплекса ГНСС в режиме кинематика, студенты измерили на полигоне свой участок исследований площадью 0.65 га, склон южной экспозиции с перепадом высот до 10 метров, в целях составления цифровой модели рельефа (ЦМР). Общее число измерений составило 745 точек, которые фиксировались на местности

методом «галсов», с шагом приблизительно 2–3 метра. После уравнивания полевых материалов был сформирован файл координат и высот в соответствующих точках, на основе которого была рассчитана регулярная ЦМР участка исследований, что позволило провести дальнейшее моделирование (рисунок 3).

Развитие космической отрасли, её навигационного сегмента, сети референц-станций ГНСС, наряду с другой прецизионной геодезической аппаратурой, предлагает новые решения в географических и других прикладных задачах, является прогрессивным шагом в исследованиях нашей планеты.

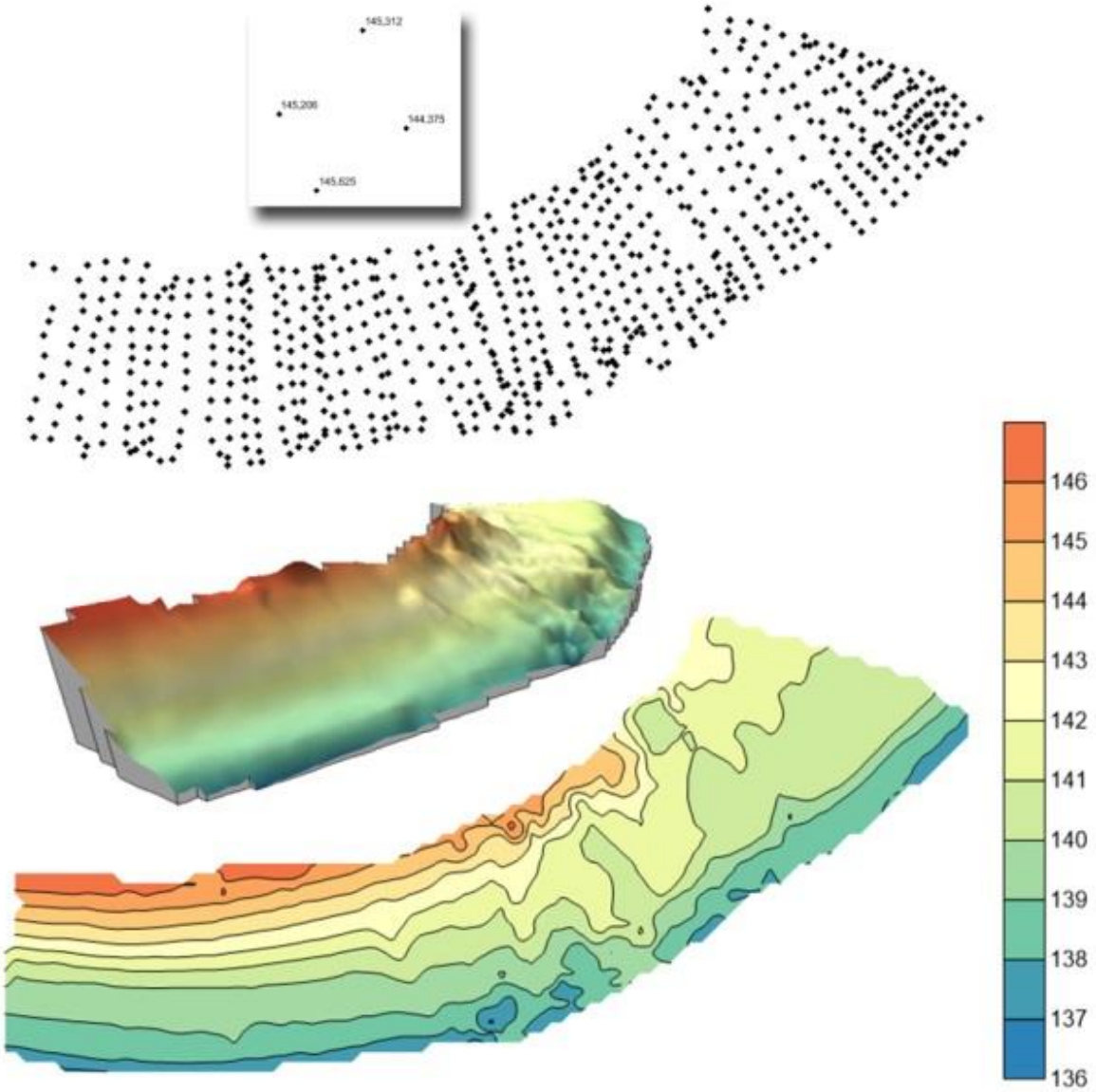


Рисунок 3. *Исходные материалы и моделирование по ЦМР участка исследований*
Figure 3. *Source materials and modeling on DEM of the study site of researches*

Рисунок 4. *Схема расположения баз МГУ в европейской части России*
Figure 4. *The layout of MSU bases in the European part of Russia*

В рамках развития сети референц-станций ГНСС географического факультета, планируется установить их и на других базах (станциях) факультета в различных регионах России, охватывающих всё разнообразие ландшафтных условий, а именно:

- УНС «Хибинская (ХУНС)», Мурманская обл., г. Кировск, 23 км., ул. Железнодорожная, д.10;
- УНБ «Красновидово», Московская обл., Можайский район, пос. Красновидово, ул. Зелёная, д. 5;
- УНБ «Озёры», Московская обл., Озерский район, д. Трегубово;
- УНБ «Эльбрусская», Кабардино-Балкарская республика, пос. Терскол, Эльбрусская база МГУ;
- УНС «Архангельская (Устьянская)», Архангельская обл., Устьянский район, пос. Нагорская.

Это существенно расширит территориальный охват их использования в различных географических исследованиях.

Кроме того, необходимо подключить к проекту и другие естественные факультеты МГУ (геологический, биологический, почвоведения и т.д.), которые располагают собственными учебно-научными стационарами, где имеется потребность в получении спутниковой информации в целях реализации своих учебно-научных направлений на прилегающих территориях, что подразумевает установку референц-станций ГНСС на постоянной основе (рисунок 4).

Географический охват проекта ставит актуальную задачу организации единого центра МГУ, в задачи которого входят: управление референц-станциями на стационарах, аккумуляция полученных спутниковых данных на сервере центра, межфакультетский обмен информацией ГНСС по сетям Internet [Suchilin, 2015].

Применение ГНСС не ограничиваются только топографо-геодезическими исследованиями, они могут быть использованы и при решении других актуальных прикладных задач. Так, например, летом 2016 года студенты и сотрудники географического факультета, кафедры геодезии МГУИГАиК (МИИГАиК) и ООО «Фирма GFK», в рамках национальной программы сохранения памятников культурного наследия России, выполнили наземную лазерную съёмку Храма Космы и Дамиана в селе Беницы, в 3.5 километрах от УНБ «Сатино» (рисунок 5).

Рисунок 5. *Храм Космы и Дамиана в с. Беницы*
Figure 5. *The Church of Kosma and Damian in the village of Benitsy*

Этот православный Храм имеет древнюю историю. Датой современной постройки считается 1812 год, но можно уверенно утверждать, что ранее на месте кирпичного храма находился деревянный, о чём свидетельствует межевой план, оригинальное название которого: *«Генеральной Геометрической планъ Города Боровска и его Уезда состоящаго въ Калугскомъ Наместничестве сочиененъ Орловскаго Наместничества въ Межевой Канторе въ 1779 году»*. На этом плане в селе Беницы уже отмечен храм.

Лазерное сканирование – технология, позволяющая создать цифровую трёхмерную модель объекта, представив его набором точек с пространственными координатами. Технология основана на использовании новых геодезических приборов – лазерных сканеров, измеряющих координаты точек поверхности объекта с высокой скоростью порядка нескольких десятков тысяч точек в секунду. Полученный набор точек называется «облаком точек». В процессе съёмки для каждой из них записываются три координаты (XYZ) и численный показатель интенсивности отражённого сигнала. Он определяется свойствами поверхности, на которую падает лазерный луч. Облако точек раскрашивается в зависимости от степени интенсивности и после сканирования выглядит как трёхмерное цифровое фото [Руденко, Богданец, 2016].

Съёмка храма проводилась с использованием сканирующего тахеометра «Leica Nova Multistation MS60». Встроенное полевое программное обеспечение «Leica Captivate» позволяет получить пространственные данные в удобные для работы 3D модели.

Лазерное сканирование храма осуществлялось с семи точек планово-высотного обоснования (ПВО) проекта, включая две переходные, которые были расположенными таким образом, чтобы полностью охватить его геометрию. Для их пространственной привязки в режиме статика использовались мобильные фазовые комплексы ГНСС «Leica Viva», а уравнивание «сырых» измерений точек ПВО проводилось в режиме постобработки в программе «LGO-8» относительно трёх референц-станций ГНСС («Satino» и «MO_MSU», «GFK1»), обеспечивающих дифференциальными поправками процесс уравнивания, что позволяет получить статистически более надёжное и точное решение при обработке измерений и соответственно координаты объекта исследований. (таблица 1)

Таблица 1. *Координаты опорных точек*
Table 1. *Coordinates of control points*

WGS84- BLH			
	B	L	H
TS0007 - GPS00043	55° 12' 15.29005"	36° 19' 53.23826"	187.4933
TS0004	55° 12' 15.22182"	36° 19' 51.61493"	188.7612
TS0003 - GPS00040	55° 12' 16.43149"	36° 19' 53.58573"	187.9106
TS0001 - GPS00041B	55° 12' 15.95134"	36° 19' 51.61136"	189.0913
St005	55° 12' 14.78483"	36° 19' 52.51145"	187.2673
St004	55° 12' 15.70884"	36° 19' 51.59796"	188.9889
ST0009	55° 12' 14.97206"	36° 19' 53.18445"	186.7784

Сканирование проводилось в автоматическом режиме с предварительно заданными параметрами – горизонтальными и вертикальными углами охвата объекта и шагом 1 см. (возможности тахеометра позволяют уменьшить шаг съёмки до 1 мм.), время сканирования составило 30-40 минут с каждой точки ПВО. Одновременно с прибора велась цифровая фотосъёмка храма, где каждый пиксель снимка имеет соответствующие координаты сканирования. Общее число точек фиксации архитектурных характеристик храма составило 3193887 измерений, а с каждой точки съёмки составило (таблица 2):

Таблица 2. *Число измерений на точках сканирования*
Table 2. *Number of measurements at scan points*

Точка ПВО	Число точек фиксации – «облако точек»
1	806392
2	837649
3	892526
4	481397
5	175923

В то время, как ПО «Leica Captivate» используется для сбора данных, построения линий, площадей и 3D моделирования непосредственно в поле, программное обеспечение «Leica Infinity» выполняет весь комплекс обработки этих данных в камеральных условиях. Передача материалов полевой съёмки тахеометра в программу «Leica Infinity» весьма простая процедура, т.к. они работают в едином формате данных, что служит для их объединения, управления и редактирования полевых измерений.

В результате обработки полевых материалов в программе «Leica Infinity» из «облака» точек сканирования сформирован единый проект архитектурных (геометрических) характеристик памятника в заданной системе координат (рисунок 6). Кроме того, данные проекта можно оперативно интегрировать в геоинформационную систему или CAD – приложение,

что позволяет проводить необходимые вычисления (объём, площадь, углы наклона, профилирование и т.д.), создавать точки, линии, области из «облака точек», совместить и визуализировать полученные результаты на подстилающую поверхность (космический снимок, топографическая карта или план). При необходимости можно совместить сформированный проект с материалами цифровой фотосъёмки объекта исследований под различными углами зрения, смоделировать 3-D анимацию, а также организовать непосредственный просмотр материалов проекта в популярном сервисе «Google Earth».

Итоговые материалы съёмки переданы в Рождества Пресвятой Богородицы Свято-Пафнутьев Боровский монастырь.

Рисунок 6. *Храм с высоты птичьего полёта, результаты сканирования Храма*
Figure 6. *The Church from a bird's-eye view, the results of the church scan*

Весьма перспективным представляется использование в учебно-научном процессе беспилотных летательных аппаратов (БЛА), оснащённых системой навигации (ГЛОНАСС/GPS). БЛА находят всё большее применение для выполнения аэрофотосъёмки, материалы которой используются для создания карт и цифровых моделей местности, мониторинга природных явлений и т.д. [Курков и др., 2014]. Снимки БЛА позволяют оперативно дать оценку исследуемой территории, что особенно актуально для труднодоступных участков земной поверхности (ледники, болота и т.п.). При финальной обработке материалов зондирования необходимо вычислить поправки в координаты снимка относительно референц-станций, для его дальнейшей трансформации.

Каждый снимок имеет географические координаты центральной точки изображения, что важно для его пространственной привязки, особенно после уравнивания координат съёмки относительно референц-станции ГНСС. Однако у этого вида съёмки на данном этапе развития имеются следующие недостатки:

- Ограниченный ресурс питания, БЛА может находиться в полёте не более 30–40 минут, что ограничивает съёмку в разрезе площадного охвата территории;
- Отсутствие параметров элементов внутреннего и внешнего ориентирования. В границах учебного полигона эта проблема решается путём дешифрирования на изображении знаков опорной сети, имеющих известные координаты, далее применяя известный математический аппарат, имеется возможность трансформировать снимки БЛА. На местности, где невозможно определить знаки опорной геодезической сети или другие характерные элементы дешифрирования, эта проблема требует дополнительных усилий, а соответственно, и времени.

ВЫВОДЫ

В целом следует отметить, что развитие космической отрасли и её навигационного сегмента, сети референц-станций ГНСС, наряду с другой прецизионной геодезической аппаратурой, и как следствие предлагаемые новые решения географических и других прикладных задач, являются прогрессивным шагом в исследовании земной поверхности.

Безусловно, внедрение новых методик в учебно-научный процесс только приветствуется, являясь необходимой реальностью нашего времени. Но не следует игнорировать и простые традиционные способы топографических исследований и сопутствующих измерений, особенно в удалённых и труднодоступных уголках планеты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Курков В.М., Смирнов А.В., Иноземцев Д.П.* Опыт использования БЛА при проведении практики студентов на Заокском геополигоне МИИГАИК. – М.: Геопрофи, 4, 2014. – 55 с.
2. *Руденко Ю.М., Богданец Е.С.* Актуальность лидарной съёмки на данном этапе развития лазерного сканирования // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. LVIII междунар. науч.-практ. конф. – № 5 (53). – Часть I. – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 20–29.
3. *Suchilin A.A.* GNSS Reference Stations of Lomonosov MSU Faculty of Geography. – M.: Book of abstracts. International Geographical Union Regional Conference, 2015. – P. 237.

Alexander A. Suchilin[1], Liudmila A. Ushakova[2], Marina R. Vladimirova[3], Vladimir Li[4]

GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEMS (GNSS) IN GEOGRAPHICAL EDUCATION AND APPLIED RESEARCH

ABSTRACT

The paper considers the introduction of the newest methods of topographic surveying into the educational and scientific process, using global navigation satellite systems (GNSS) at the Faculty of Geography of Moscow State University. It describes the designation and use of the current reference geodetic training network for the training of students within the program of topographic practice. The basic concepts and purpose of the equipment of the geodetic class of the user segment of

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* asuhov308@gmail.com
[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography; 119991, Russia, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail:* la.ushakova@mail.ru
[3] Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK); 105064, Russia, Moscow, Gorokhovsky byst 4; *e-mail:* mvladimirova@yandex.ru
[4] “G.F.K.” LLC; 111524, Russia, Moscow, Perovskaya st 1; *e-mail:* v2561v@narod.ru

GNSS, both the basic location (reference stations) and mobile complexes are disclosed. The technique of measuring and processing the accumulated data after field fixation (in static or kinematic modes) of geographic objects and phenomena using GNSS has been given. A constantly operating network of reference stations of the faculty has been described. A full-scale example of using the GNSS complex by students of the faculty of the study area is given, the collected materials have been used for subsequent modeling (relief restoration) based on the results of field measurements. Within the framework of the perspective development of the network of GNSS reference stations of the Moscow State University, the scheme of their location in the meridian direction on an ongoing basis has been shown, which will substantially expand the territorial coverage of the use of mobile GNSS complexes in geographic studies. Within the framework of the program of preservation of monuments of Russia's cultural heritage, an example has been shown of the joint use of ground-based laser scanning techniques and a mobile GNSS complex conducted by students and teachers of leading Moscow universities and representatives of GFK Firm LLC. The result is the fixation of the geometric characteristics of the object in 1 cm steps in real coordinates, which makes it possible to carry out the necessary modeling, visualize the object in perspective form, carry out the necessary measurements, build sections, etc. The prospects for using unmanned aerial vehicles (UAVs) equipped with a digital camera and a GNSS complex have been discussed, with a view to large-scale monitoring of the underlying surface.

KEYWORDS:

Global Navigation Satellite Systems (GNSS), GIS, Reference station, Laser scanning

REFERENCES

1. Kurkov V.M., Smirnov A.V., Inozemcev D.P. Opyt ispol'zovanija BLA pri provedenii praktiki studentov na Zaokskom geopoligone. MIIGAIK [The experience of using UAVs in the practice of students at the Zaoksky geopoligon MIIGAIK], Moscow: Geoprofi, 4, 2014, 55 p. (in Russian).
2. Rudenko J.M., Bogdanets E.C. Aktual'nost' lidarnoj s"yomki na dannom etape razvitiya lazernogo skanirovaniya [The relevance of the lidar survey at this stage of the development of laser scanning], Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike: sb. st. po mater. LVIII mezhdunar. nauch-prakt. konf., No 5 (53), Chast' I, Novosibirsk: Siberian Academy of Sciences, 2016, pp. 20–29 (in Russian).
3. Suchilin A.A. GNSS Reference Stations of Lomonosov MSU Faculty of Geography. Book of abstracts, International Geographical Union Regional Conference, Moscow, 2015, p. 237.

УДК 528.9:379.85 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-258-264

О.В. Отто[1], А.Г. Редькин[2]

О КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ И ПАРАДОКСАХ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

АННОТАЦИЯ

Программа изучения географии в средней (полной) общеобразовательной школе предусматривает изучение школьниками раздела «Источники географической информации», который включает формирование таких понятий, как географические модели: глобус, географическая карта, план местности, представлений об их основных параметрах и элементах (масштаб, условные знаки, способы картографического изображения, градусная сеть), а также владение определёнными умениями (ориентирование по карте, чтение карт, космических и аэрофотоснимков), составляющими основы картографической грамотности. Основной государственный экзамен, благодаря срезу знаний после окончания 9 класса, показывает в целом невысокий уровень картографических знаний и умений – только 37% школьников могут правильно определить географические координаты, а менее 30% – измерить расстояние между объектами по топографической карте. В рамках школьной программы у учеников не возникает понимания того, что географические знания в целом и картографические в частности формируют пространственное мироощущение человека, априори сопровождают его всю жизнь и имеют цивилизационное значение.

Иной результат показывает единый государственный экзамен по географии в 11 классе. За период обучения в 10–11 классах, мотивированные выпускники, сдающие экзамен по географии, заметно улучшают уровень своей картографической грамотности, хотя школьная программа этому никак не способствует.

Сложившаяся ситуация имеет системный характер и требует системных методов её решения. В практике преподавания географии в основной и средней (полной) школе следует изменить структуру обучения, уделяя больше внимания самостоятельной активной познавательной деятельности учащихся, на конкретных примерах повседневной жизни показывая значимость картографических знаний и умений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

географическое образование, картографическая грамотность, государственная итоговая аттестация

ВВЕДЕНИЕ

Основу картографической подготовки современного человека составляют знания и умения, полученные им в процессе изучения курсов географии в общеобразовательных учреждениях. Изучение географии на ступени основного общего образования, помимо освоения знаний об основных географических понятиях и особенностях природы, населения и хозяйства разных территорий, направлено на достижение картографической грамотности – на умение использовать географическую карту и современные геоинформационные технологии для поиска, интерпретации и демонстрации различных географических данных.

Картографический компонент школьного образования выделен в отдельный содержательный раздел «Источники географической информации». Он содержит как географические

[1] ФГБОУВО «Алтайский государственный университет»; 656049, Барнаул, пр. Ленина 61;
e-mail: otto.olga@mail.ru
[2] ФГБОУВО «Алтайский государственный университет»; 656049, Барнаул, пр. Ленина 61;
e-mail: redkin.ag@yandex.ru

модели – глобус, географическую карту, план местности, их основные параметры и элементы (масштаб, условные знаки, способы картографического изображения, градусная сеть), так и основные процессы (ориентирование по карте, чтение карт, космических и аэрофотоснимков).

Сокращение часов на изучение географии в школе в 70–90-х гг. прошлого столетия привело к тому, что картографический материал в программах и учебниках был значительно уменьшен, к минимуму была сведена и практическая работа с картами. С.В. Буланов выделил целый ряд проблем школьной картографии, в том числе отметив, что она не даёт целостного представления о том, какое значение приобретает картографическая наука в современном обществе. Учащиеся не знают о существовании многих видов карт, не знакомы с ролью картографии в сборе, обработке и распространении географической информации, в изучении природы, организации управления хозяйством, природными и трудовыми ресурсами. В общеобразовательных учреждениях школьники практически не обучаются приёмам работы с наиболее часто используемыми в практической деятельности картографическими произведениями – планами городов, топографическими картами, атласами автомобильных и железных дорог и т.п. [Буланов, 2001]. Результаты итоговой аттестации современных школьников подтверждают сохранение этих недостатков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Государственная итоговая аттестация школьников направлена на определение уровня знаний, умений и навыков, закреплённых в Федеральном компоненте государственного стандарта основного общего образования по географии [Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г., No 1897].

Выпускники общеобразовательных учреждений должны знать основные географические понятия и термины; различия плана, глобуса и географических карт по содержанию, масштабу, способам картографического изображения, уметь находить в разных источниках и анализировать информацию, необходимую для изучения географических объектов и явлений, региональных особенностей Земли, их обеспеченности природными и человеческими ресурсами, хозяйственного потенциала, экологических проблем, составлять краткую географическую характеристику разных территорий на основе разнообразных источников географической информации и форм её представления, определять на местности, плане и карте расстояния, направления, высоты точек, географические координаты и местоположение географических объектов. Уровень подготовки должен обеспечить способность школьников использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для ориентирования на местности, чтения карт различного содержания, проведения самостоятельного поиска географической информации из разных источников – картографических, статистических, геоинформационных.

Дальнейшее развитие картографических навыков происходит на следующей ступени школьного образования. Выпускник 11 класса должен уметь составлять картосхемы и простейшие карты, модели, отражающие географические закономерности различных явлений и процессов, сопоставлять географические карты различной тематики, а также использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для нахождения и применения географической информации, включая карты, статистические материалы, геоинформационные системы и ресурсы Интернета.

Обязательными требованиями государственных образовательных стандартов являются проверка и оценка образовательных результатов учеников. На федеральном уровне это обеспечивается средствами государственной итоговой аттестации в форме основного (ОГЭ) и единого (ЕГЭ) государственных экзаменов.

Единый государственный экзамен по географии в Алтайском крае проводится с 2004, а основной – с 2014 года. Традиционно экзамен по предмету география, как необязательный,

сдавали немногие ученики. На наш взгляд, это связано не столько с сокращением количества выпускников в крае, но в большей мере с тем, что география является вступительным экзаменом для небольшого количества специальностей. В Алтайском крае на протяжении последних пяти лет это только два направления подготовки – «География» и «Экология и природопользование», которые реализуются в Алтайском государственном университете.

В 2016 году количество выпускников средних образовательных учреждений, сдававших ЕГЭ по географии, по-прежнему было низким и не превысило 2% от общего числа одиннадцатиклассников. Но более пяти тысяч девятиклассников выбрали этот школьный предмет для итоговой аттестации, что составило 26% от общего количества учащихся, закончивших основную общую образовательную программу в 2016 г. Такое количество участников экзамена позволяет более адекватно по сравнению с предыдущим периодом оценить результаты учебного процесса [Отто, Праздникова, 2016].

Основу нашего исследования составили результаты основного (ОГЭ) и единого (ЕГЭ) государственных экзаменов по географии выпускников 9-х и 11-х классов Алтайского края. По принятым в международной практике критериям требование считается усвоенным, если процент выполнения заданий, проверяющих его, равен или превышает 65% для заданий с выбором ответа и 50% для заданий с кратким и развёрнутым ответом.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В контрольно-измерительных материалах ЕГЭ 4 задания относятся к содержательному разделу «Источники географических знаний», но наряду с этим присутствуют задачи других разделов, при выполнении которых необходимо владеть навыками чтения карт различного содержания (таблица 1). Выпускники образовательных учреждений Алтайского края продемонстрировали в целом достаточно высокий уровень картографических знаний и умений, с заданиями справилось от 50 до 93% участников экзамена. Наиболее успешно были выполнены задачи No 20 и No 1. Задание No 20 было направлено на проверку способности использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для определения различий во времени, и несмотря на то, что оно относится к повышенному уровню сложности, справиться с ним смогли 93% участников. Не вызвало трудностей и задание No 1, оценивающее умение определять на карте географические координаты, его решили 90% выпускников.

Более 80% участников продемонстрировали умение читать и пользоваться тематическими географическими картами (задание No 17).

Наибольшие затруднения вызвали задания, в которых необходимо было продемонстрировать умение определять на карте местоположение географических объектов на примере крупнейших рек мира (задание No 7), а также определять на плане и карте направления (задание No 27) и расстояния (задание No 26). Эти умения недостаточно сформированы, так как успешно выполнили эти задания менее 65 % участников экзамена.

Вторая часть контрольно-измерительных материалов ЕГЭ содержит только одно задание, связанное с картографическими умениями, в котором необходимо построить профиль рельефа местности. Этот тип заданий вызывал в прошлом наибольшие затруднения у участников экзамена и многие даже не приступали к его выполнению. Например, в 2007 году только 22% школьников его успешно выполнили. По результатам 2016 г., полностью правильно построить профиль (преобразовать масштаб и отобразить расстояния на профиле, «прочитать» горизонтали и отобразить на профиле спуски, подъёмы, крутизну склонов, горизонтальные поверхности) смогли 55% участников экзамена. Еще 10% могут построить профиль с некоторыми неточностями. Чаще всего ошибки связаны с неумением определить характер и направление уклона местности.

Таблица 1. *Характеристика заданий государственной итоговой аттестации школьников по географии, оценивающие картографическую грамотность*
Table 1. *Characteristics of tasks of the state final certification of schoolchildren in geography, assessing cartographic literacy*

Номер задания	Проверяемые элементы содержания	Проверяемые умения	Средний % выполнения задания по региону
ЕГЭ			
1	Географические модели. Географическая карта, план местности	Знать смысл основных теоретических категорий и понятий. Уметь определять на карте географические координаты	90
7	Мировой океан и его части. Воды суши. Особенности природы материков и океанов	Уметь определять на карте местоположение географических объектов	50
17	Погода и климат. Распределение тепла и влаги на Земле	Использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для чтения карт различного содержания	83
20	Часовые зоны	Использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для определения различий во времени, чтения карт различного содержания	93
26	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь определять на плане и карте расстояния	62
27	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь определять на плане и карте направления	59
28	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь составлять таблицы, картосхемы, диаграммы, простейшие карты, модели	55
ОГЭ			
14	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь определять на карте географические координаты	37
18	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь определять на карте расстояния	29
19	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь определять на карте направления	66
20	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для решения практических задач по определению качества окружающей среды своей местности, её использованию	52
21	Географические модели. Географическая карта, план местности	Уметь использовать приобретённые знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для чтения карт различного содержания	62

В отдельных вариантах контрольно-измерительных материалов ЕГЭ картографические навыки необходимо было подтвердить, выполняя и другое задание с развёрнутым ответом. В задании № 30 нужно было использовать приобретённые знания и умения чтения карт для анализа и оценки разных территорий с точки зрения взаимосвязи природных, социально-экономических, техногенных объектов и процессов. Только 38% участников экзамена смогли правильно определить участок поверхности на основе анализа топографической карты с точки зрения опасности развития водно-эрозионных процессов и привести нужные доводы.

При проведении итоговой аттестации по географии выпускников 9-х классов картографические навыки проверяются более широко, кроме этого школьники могут использовать атласы при решении всех заданий экзамена. В задании № 14 проверялось умение определять на карте географические координаты. Результаты не радуют: всего 38 % экзаменующихся справились с заданием, а каждый пятый аттестуемый к нему даже не приступал.

Решение вопросов № 19 и № 20 базировалось на анализе фрагмента топографической карты. Проверялись навыки чтения карты, правильного определения экспозиции склона, понимания различия в освещённости склонов северной и южной экспозиции и умения определять их на карте. Результаты свидетельствуют, что необходимые для выполнения заданий навыки недостаточно сформированы, так как только 52% справились с заданием полностью, а 31% участников экзамена выполнили его только наполовину. Также выявлены ответы, которые свидетельствуют о непонимании, что такое «сторона света». Отвечая на вопрос, в каком направлении от точки лежит определённый объект, девятиклассники использовали такие слова, как «в левом», «правом», «вверху».

Наибольшие затруднения вызвал у школьников вопрос, связанный с определением расстояния между точками, правильно определить которое по топографической карте смогли менее 30% участников экзамена.

ВЫВОДЫ

Анализ результатов выполнения заданий экзаменационной работы показывает, что учащиеся 9 классов имеют слабые знания по картографии. К основным недостаткам подготовки выпускников, являющимися причинами типичных ошибок, относятся непонимание таких базовых терминов и понятий, как азимут, горизонталь, масштаб.

В 10 классе школьниками изучается только социально-экономическая география, в программе которой нет картографического раздела, в 11 классе география не изучается совсем. Тем не менее, «картографические» результаты ЕГЭ по географии значительно лучше, чем аналогичные результаты ОГЭ.

Таким образом, складывается парадоксальная ситуация. Либо изучение социально-экономической географии, либо перерыв в изучении географии, либо оба эти фактора вместе способствуют заметному улучшению картографической грамотности у выпускников 11 класса, сдающих ЕГЭ по географии, но только у этой группы мотивированных школьников. Знания остальных выпускников оценить не представляется возможным.

Сложившаяся ситуация имеет системный характер и требует системных методов решения. Необходимо отметить, что определённые шаги в направлении её изменения начаты. Проект «Концепции развития географического образования в Российской Федерации» предлагает «введение географии в качестве обязательного предмета государственной итоговой аттестации (ГИА) в форме основного государственного экзамена (ОГЭ) для выпускников 9 класса для своевременного выявления существующих пробелов в знаниях» [Концепция…2016]. Но этого явно недостаточно, так как у большого количества школьников со времени введения ГИА сформировалось отношение к предмету «География» как к не основному, не обязательному, что внешне поддерживается и простотой использования современных информационных технологий на бытовом уровне. В рамках школьной программы у учеников не возникает понимания того, что географические знания в целом и картографические в

частности формируют пространственное мироощущение человека, априори сопровождают его всю жизнь и имеют цивилизационное значение.

Поэтому в практике преподавания географии в основной и средней (полной) школах следует изменить структуру обучения, уделяя больше внимания самостоятельной активной познавательной деятельности учащихся, на конкретных примерах повседневной жизни показывая значимость картографических знаний и умений. Больше внимания следует уделять работе со школьными атласами и новыми источниками картографических изображений (например, [Дмитриева, Подболотова, 2016, http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22-321-331]).

Необходимо не забывать и о высшей школе [Редькин, Цикунова, 2016, http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22-338-343].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Буланов С.В.* Проблема совершенствования системы картографических знаний и умений в школьной географии: Дис. канд. пед. наук: 13.00.02. – М., 2001. – 184 с.
2. *Дмитриева В.Т., Подболотова М.И.* Концепция «Цифровой Земли» в учебном процессе // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конф. – М.: Издат. дом «Научная библиотека», 2016. – С. 321–331. – http://dx.doi.org/10.24057/2414 - 9179-2016-2-22-321-331.
3. Концепция развития географического образования в Российской Федерации (ПРОЕКТ). – [Электронный ресурс]. – http://www.rgo.ru/ru/article/koncepciya-razvitiya-geograficheskogo-obrazovaniya-v-rossii.
4. *Отто О.В., Праздникова Н.Н.* Использование результатов основного государственного экзамена для оценки уровня географического образования школьников Алтайского края // География и природопользование Сибири: сборник научных статей / под ред. Г.Я. Барышникова. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2016. – Вып. 22. – С. 89–99.
5. *Редькин А.Г., Цикунова Е.В.* О формировании картографической грамотности у будущих специалистов по туризму: теория и практика // ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы Междунар. науч. конференции. – Т. 2. – М.: Издат. Дом «Научная библиотека», 2016. – С. 338–343. – http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22.

Olga V. Otto[1], Alexander G. Red'kin[2]

ON CARTOGRAPHIC LITERACY OF STUDENTS AND GEOGRAPHICAL EDUCATION PARADOXES

ABSTRACT

Program of study of geography in secondary (full) general education school includes the study of students under "Sources of geographic information", which includes the formation of concepts such as geographic model – a globe, maps, terrain plan representations of their main parameters and elements (scale, conventional signs, methods of cartographic representation, degree network), as well as possession of certain skills (orienting by map, map reading, space and aerial photographs) – the components of your cartographic literacy. The main state exam,

[1] Altai State University; 656049, Russia, Barnaul, Lenin st 61; *e-mail:* otto.olga@mail.ru
[2] Altai State University; 656049, Russia, Barnaul, Lenin st 61; *e-mail:* redkin.ag@yandex.ru

assessing knowledge after the end of grade 9, generally shows a low level of cartographic knowledge and skills – only 37% of schoolchildren can correctly determine geographic coordinates, and less than 30% – to measure the distance between objects on a topographic map. Within the framework of the school program, the students do not have an understanding that geographical knowledge in general and cartographic one in particular form a spatial worldview of a person, a priori accompany them all their life and have a civilizational significance.

Another result shows a unified state examination in geography in grade 11. During the period of studies in grades 10-11, motivated graduates who pass the geography exam significantly improve their cartographic literacy level, although the school curriculum has nothing to do with it.

The current situation is systemic in character and requires systematic methods for its solution. In the practice of teaching geography in the main and secondary (full) schools, the structure of instruction should be changed, paying more attention to the independent active cognitive activity of students, showing on concrete examples of everyday life, the importance of cartographic knowledge and skills.

KEYWORDS:

geographical education, cartographic literacy, state certification

REFERENCES

1. Bulanov S.V. Problema sovershenstvovaniya sistemyi kartograficheskih znaniy i umeniy v shkolnoy geografii [The Problem of improving the system of cartographic knowledge and skills in geography in school]: Diss. kand. ped. nauk: 13.00.02, Moscow, 2001, 184 p. (in Russian).
2. Dmitrieva V.T., Podbolotova M.I. Kontseptsia “Tsifrovoi Zemli” v ychebnom protstsse [The concept of “Digital Earth” in educational process], InterKarto/InterGIS 22. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitija territorij v uslovijah global’nyh izmenenij klimata: materialy Mezhdunar. nauch. konf., T. 2, Moscow: Izdat. dom “Nauchnaja biblioteka”, 2016, pp. 321–331; http://dx.doi.org/10.24057/2414 - 9179-2016-2-22-321-331 (in Russian, abs English).
3. Kontseptsiya razvitiya geograficheskogo obrazovaniya v Rossiyskoy Federatsii (PROEKT) [The concept of the development of geographical education in the Russian Federation (DRAFT)], [Elektronnyiy resurs], http://www.rgo.ru/ru/article/koncepciya-razvitiya-geograficheskogo-obrazovaniya-v-rossii (in Russian).
4. Otto O.V., Prazdnikova N.N. Ispol’zovanie rezultatov osnovnogo gosudarstvennogo ekzamena dlya otsenki urovnya geograficheskogo obrazovaniya shkolnikov Altayskogo kraya [Using the results of the primary state exam to assess the level of geographical education at schools of the Altai territory], Geografiya i prirodopolzovanie Sibiri: sbornik nauchnyih statey / pod red. G.Ya. Baryishnikova, Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2016, Vyp. 22, pp. 89–99 (in Russian).
5. Redkin A.G., Tsikunova E.V. O formirovanii kartograficheskoj gramotnosti u budushchih specialistov po turizmu: teorija i praktika [On the formation of cartographic literacy of future specialists in tourism: theory and practice], InterKarto/InterGIS 22. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitija territorij v uslovijah global’nyh izmenenij klimata: materialy Mezhdunar. nauch. konf., T. 2, Moscow: Izdat. dom “Nauchnaja biblioteka”, 2016, pp. 338–343, http://dx.doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22 (in Russian).

УДК 528.92 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-265-272

А.Н. Бешенцев[1], Д.А. Габеева[2]

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА «ГИС-БАЙКАЛ»

АННОТАЦИЯ

В статье обозначены основные виды территориальной деятельности, нуждающиеся в квалифицированных кадрах в области создания и использования предметных и междисциплинарных геоинформационных систем. Определены методические проблемы современного геоинформационного образования в Байкальском регионе, и сделан акцент на необходимости обучения студентов и школьников старших классов на региональном географическом материале. В качестве средства оптимизации геоинформационого образования и просвещения населения предложена и апробирована учебно-методическая программа «ГИС-Байкал». Рассмотрены технологические и методические элементы этой программы. Обоснованы преимущества электронных средств обучения, рассмотрены особенности визуальных материалов, предложена авторская методическая разработка, совмещающая мультимедийные презентации и печатные материалы. Определены цели и задачи учебной ГИС, состоящей из информационной, технологической и аналитической подсистем, описана структура и содержание подсистем. Установлены территориальные уровни для решения пространственных задач, определены соответствующие масштабы и элементы содержания топографических основ. Представлены результаты апробации программы при проведении летних экологических практик со студентами и школьниками старших классов в МЭОЦ «Истомино» на берегу оз. Байкал. Описан механизм обучения, повременная организация, процедуры и операции проведения полевых и камеральных работ при реализации программы. В заключение дана оценка образовательного потенциала предлагаемой учебно-методической программы, обоснованы выводы о её эффективности, предложены области применения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геоинформационное образование, электронные средства обучения, ГИС, территориальная деятельность, пространственный анализ

ВВЕДЕНИЕ

По мере развития геоинформационной технологии появляются новые технические разработки и эффективные подходы к анализу и решению широкого круга территориальных проблем. Эта технология приобретает все большее значение и признание в мире, а цифровая геоинформация начинает играть главную роль в различных сферах деятельности общества. При этом многие ведомства и организации сталкиваются с проблемой отсутствия квалифицированных кадров, знающих как использовать ГИС-технологии, какие данные могут потребоваться для решения конкретной задачи или принятия решений и т.п. В настоящее время, существует значительная диспропорция задач по освоению и использованию геоинформационной технологии в нашей стране и уровнем развития профессионального геоинформационного образования и обучения.

Как показывает отечественный опыт, развитие ГИС-технологий и национальной инфраструктуры пространственных данных, расширение области их применения приводят к формированию особой научно-технической деятельности и образованию самостоятельной

[1] ФГБУН Байкальский институт природопользования СО РАН; Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8; *e-mail:* abesh@mail.ru
[2] ФГБОУ ВО Бурятский государственный университет; Россия, 670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24; *e-mail:* gabeeva@mail.ru

отрасли производства и потреблению геоинформации – геоинформационной индустрии. В контексте определения направлений и содержания профессиональной подготовки геоинформационных кадров следует отметить, что в ГИС-индустрии в настоящее время работают специалисты, занятые следующими видами профессиональной деятельности: сбором, архивированием и обновлением геоинформации; проектированием баз геопространственных данных; проектированием предметных ГИС; планированием, управлением и администрированием геоинформационных проектов; разработкой и эксплуатацией ГИС; маркетингом и распространением геоинформационных услуг и продуктов; профессиональным геоинформационным образованием и переподготовкой служащих. Помимо повышения уровня профессионального геоинформационного образования среди специалистов, занятых разработкой, созданием и использованием ГИС, не менее важной проблемой остаётся геоинформационное просвещение и повышение уровня геоинформационной грамотности среди лиц, принимающих решения на различных уровнях административного или отраслевого управления.

В последнее десятилетие геоинформационная технология и электронные средства обучения активно используются в вузовском образовании, в научной печати обсуждаются их возможности и значение для подготовки студентов [Лазебник, Дьячковский, 2001; Пивоварова, 2015]. Установлены особенности использования ГИС в учебном процессе [Балашова, 2010; Цветков, 2013]. Известен опыт использования ГИС в школьном образовании [Новенко, 2009; Быстров и др., 2016]. Кроме того, геоинформационная технология и ГИС успешно применяются при обучении студентов специальным дисциплинам, в частности при экологическом образовании [Куприенко, Куролап, 2004; Денисов, 2015].

Такое положение дел определяет необходимость подготовки студентов к вступлению в жизнь, в которой любая профессиональная деятельность будет связана с информационными и коммуникационными технологиями. Этот социальный заказ обуславливает актуальность развития методологии геоинформационного образования с целью высокой профессиональной подготовки специалистов, способных решать эколого-географические задачи на современном теоретическом и технологическом уровне.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В большинстве вузов Байкальского региона геоинформационное образование осуществляется, как правило, с помощью реализации учебных курсов, разрабатываемых на основе Отраслевого стандарта Минобразования РФ «Геоинформатика и географические информационные системы». В большинстве случаев эти курсы разрабатываются преподавателями вузов на основе учебных пособий, сопровождающих приобретаемое геоинформационное программное обеспечение. Поскольку программное обеспечение, как правило, представлено продуктами ESRI, соответственно обучающие пособия построены на территориальных примерах Североамериканского континента. Такое обучение изначально определяет искусственный отрыв между теоретическим обучением и территориальной локализацией практических примеров применения геоинформационной технологии, а также препятствует ориентации студентов на решение эколого-географических проблем именно в Байкальском регионе.

Некоторым преодолением перечисленных проблем, по нашему мнению, будет создание комплексной учебно-методической программы, включающей методические материалы, визуальные пособия и геоинформационные программно-технические средства, целенаправленной на интегрированное географическое образование как по физико-географическим, так и социально-экономическим дисциплинам. Такое объединение наук на базе геоинформационной технологии позволит студентам познать всеобщность связей географической оболочки и получить комплексные знания о Байкальском регионе.

Для решения этой задачи в БИП СО РАН разработана учебная программа «ГИС-Байкал», позволяющая осуществлять интегрированное географическое обучение по использованию геоинформационной технологии в совокупности с решением прикладных задач фи-

зической и экономической географии, геологии, экологии, сохранения биоразнообразия региона и т.п. Она основывается на значительном количестве практических примеров исследования проблемных ареалов региона, что способствует вовлечению обучаемых в практические действия по организации устойчивого развития своей «малой родины» и Байкальского региона в целом. Программа предназначена для обучения школьников старших классов и студентов ВУЗов и включает учебную ГИС, мультимедийные презентации, печатное пособие, комплект настенных демонстрационных материалов и словарь терминов.

Известно, что наглядное картографическое изображение учащиеся воспринимают гораздо лучше, чем текст учебника. При этом повышается объём полученной информации и уровень запоминания, развиваются навыки пространственного мышления. Применение же мультимедийных средств обучения позволяет значительно повысить уровень процесса обучения, поскольку в этом случае учащийся использует большее число коммуникационных каналов (видео, аудио, анимация, стереоэффект и др.). Мультимедийная презентация позволяет обучаемому в строгой последовательности «от простого к сложному» получить основные понятия об измерении земной поверхности, картографии, геоинформационных системах, типах геоданных, базах данных, а также увидеть эффективность и оперативность применения ГИС для достижения устойчивого развития территории (рисунок 1). Презентация состоит из 4-х разделов, доступно отображающих «перемещение» земной поверхности на монитор компьютера и результаты геоинформационного анализ в виде интерактивных запросов и карт:

- основы картографии (48 слайдов);
- основы геоинформатики (39 слайдов);
- применение космических снимков при исследованиях географической среды (40 слайдов);
- примеры практической реализации ГИС в Байкальском регионе (40 слайдов).

В печатном пособии доступным языком представлены методологические, методические и технологические особенности геоинформационной технологии – современного инструмента исследования окружающей среды, обоснованы её преимущества для достижения устойчивого развития при управлении народным хозяйством, решении проблем экологии и сохранения биоразнообразия территорий. Пособие дополнено словарём-справочником по ГИС, состоящим из 72 терминов, сопровождающихся английским переводом. В комплект демонстрационных материалов входит: комплект плакатов по теории и методике ГИС-технологии; комплект топографических и тематических карт; комплект космических снимков. Программа рассчитана на 16 камеральных и 4 полевых учебных часа.

Технологическим модулем программы является учебная ГИС, состоящая из трёх подсистем (рисунок 2).

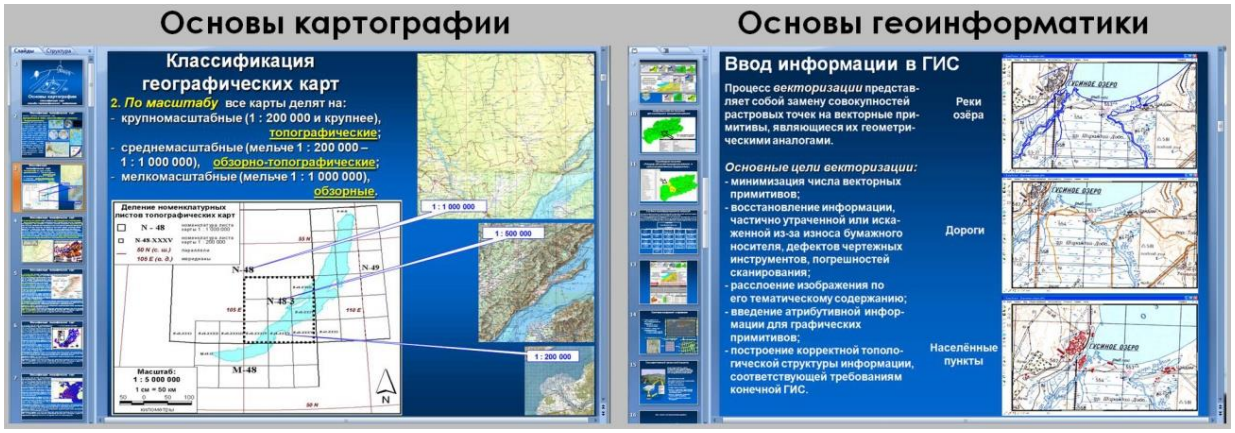


Рисунок 1. *Фрагменты мультимедийной презентации*
Figure 1. *Fragments of a multimedia presentation*

Рисунок 2. *Структура учебной ГИС*
Figure 2. *Structure of the training GIS*

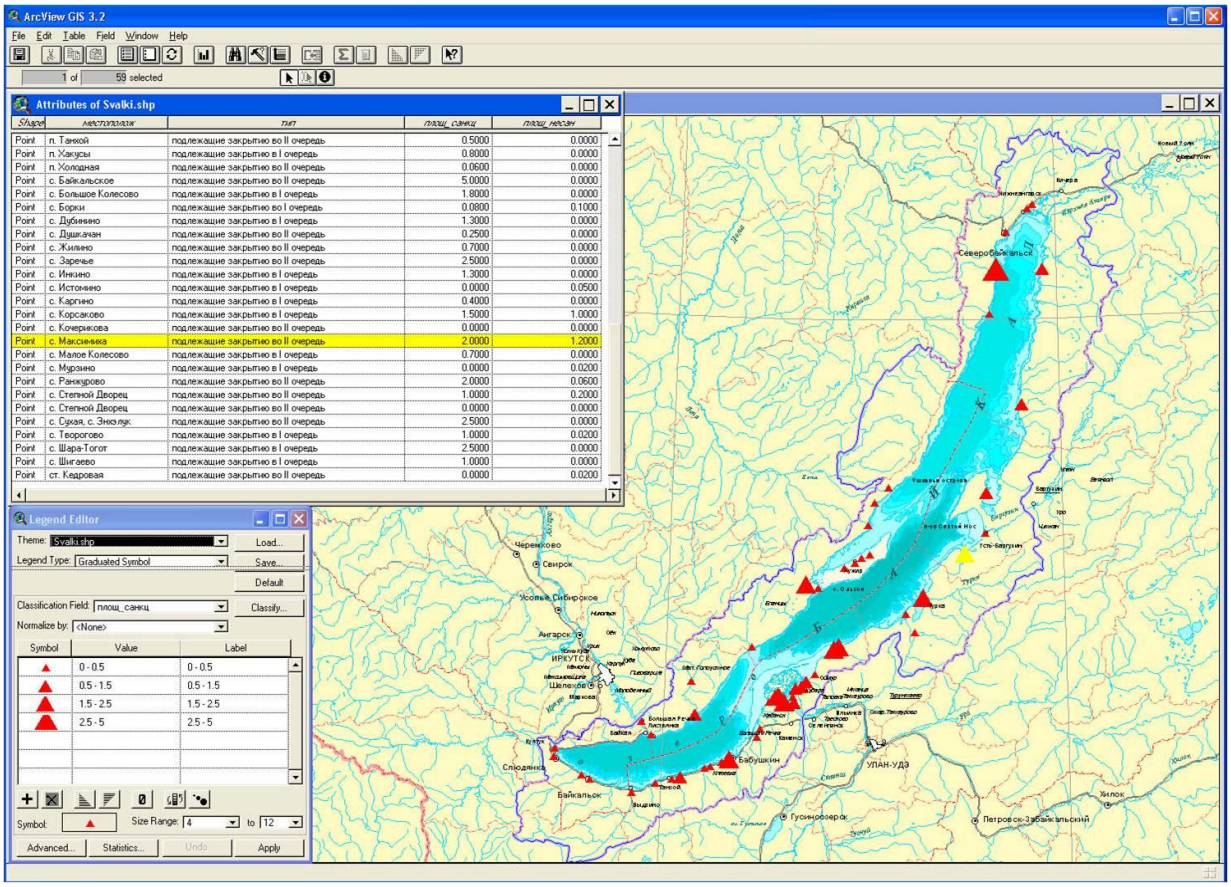


Рисунок 3. *Фрагмент базы данных*
«Экологическое состояние побережья оз. Байкал» (свалки)
Figure 3. *Fragment of the database*
"Ecological condition of the coast of Lake Baikal" (landfills)

Основу информационной подсистемы ГИС составляют разновременные цифровые покрытия, аэрокосмическая, статистическая, литературная информация и фотографические материалы. Все пространственные и тематические геоданные локализованы на топографической основе трёх масштабных уровней: местный (1:100 000); локальный (1:200 000); региональный (1:1 000 000). База тематических геоданных представлена цифровыми слоями (ландшафты, почвы, растительность, население, землепользование и др.) и реляционными таблицами (рисунок 3). Единая система классификации и кодирования разработана на основе классификатора Роскартографии для цифровых топографических карт. Она предназначена для систематизированного и компактного представления информации о географических объектах с целью её дальнейшего описания на некотором формализованном языке. Главной функциональной задачей этой системы является однозначная идентификация каждого моделируемого объекта и его атрибута, обеспечивающая возможность эффективного поиска необходимых данных в информационном массиве. В целом, информационная подсистема решает задачи накопления, структурирования, хранения и обновления первичной пространственно-временной информации на электронных носителях.

Технологическая подсистема состоит из методики автоматизированного использования разновременных геоданных различных типов и форматов и технических и программных средств (ArcGIS), необходимых для компьютерной оценки географических объектов и процессов. Она обеспечивает надёжное функционирование всех операций геоинформационного исследования территории региона. Рабочая станция одновременно является сервером информации. Наличие в подсистеме приёмника системы глобального позиционирования (GPS) и беспилотного летательного аппарата Phantom 3 Professional обеспечивает возможность обучения студентов использованию современных средств навигации и околоземной съёмки непосредственно в полевых условиях с последующим конвертированием результатов в ГИС.

Аналитическую подсистему представляют методика геоинформационного картографирования, система геоинформационных запросов, а также аналитические алгоритмы программной среды. Для интерактивной работы с тематическими векторными слоями ГИС разработана система геоинформационных запросов. Аналитическая подсистема решает задачи обработки и анализа геоданных и получения новой геоинформации. ГИС обеспечивает возможность как интерактивной работы пользователя в режиме запроса, так и малотиражную печать информации в любом виде.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Программа была успешно опробована в Международном эколого-образовательном центре «Истомино» на берегу оз. Байкал, во время проведения комплексных учебных практик со студентами и школьниками старших классов Байкальского региона.

Реализация программы предполагала проведение лекций по каждому разделу с мультимедийным сопровождением и демонстрацией настенных наглядных пособий, топографических и тематических карт, космических снимков. Во время полевых занятий обучаемые приобрели навыки ориентирования на местности с помощью топографической карты и приёмника системы глобального позиционирования, движения по азимуту, а также основы работы с квадрокоптером. Помимо лекционных часов предполагалось 2 часа на самостоятельное изучение учебного пособия и закрепление материала, а также 2 заключительных часа для оценки учащимися усвоенного материала с помощью контрольных тест-вопросов.

В процессе освоения ГИС обучаемые, в качестве персонала, осуществляли ввод, обработку, анализ пространственной и атрибутивной информации. Вся группа была разделена на бригады для работы на трёх рабочих местах. Каждая бригада реализовывала предложенный ГИС-проект, в процессе которого учащиеся получили навыки геоинформационного картографирования и использования аналитических операций ГИС (оверлей, построение буферных зон, анализ поверхностей).

В результате было установлено, что наиболее высокие результаты дают занятия, где учебная группа состоит из 15–18 человек. В этом случае возникает значительный коммуникационный эффект общения учащегося и преподавателя (большое количество вопросов, активные комментарии, сопровождение лекции своими примерами из жизни). В случае же, когда группа состоит из большего числа слушателей, занятие превращается в обычный монолог преподавателя, и ответная реакция, а, следовательно, и восприятие материала, снижаются. Это связано с особенностями электронных средств обучения и сложностью материала, а также с психологическими особенностями молодого человека. В небольшой группе гораздо легче задать вопрос, проявить активность и даже поспорить. При практическом освоении ГИС и реализации проекта максимальное число учащихся в отдельной бригаде не должно превышать 4 человека.

ВЫВОДЫ

Большое значение успешной реализации программы определил тот факт, что проводимые учебные практики имели интеграционный характер. Занятия по программе «ГИС-Байкал» были завершающими, перед этим были проведены практики по геоморфологии, геологии, биологии, почвоведению. Это позволило обучаемым практически убедиться в необходимости использования ГИС-технологии, в её возможностях обобщать и анализировать информацию для принятия решений при управлении и планировании развитием территории.

Учебная программа «ГИС-Байкал» соответствует требованиям образовательных стандартов и может быть использована в вузовском образовательном процессе при освоении дисциплин «Геоинформатика», «Картография», «Проектирование и использование ГИС», а также в качестве базовой основы для обучения информатизации в дисциплинах, связанных с земной поверхностью (кадастр, лесопользование, водопользование, эксплуатация месторождений и др.). Учебная ГИС может быть использована в качестве самостоятельного программно-технического комплекса для анализа эколого-географических проблем бассейна озера Байкал и организации научно-исследовательской деятельности ВУЗов, она открыта для дополнения любой геоинформацией, методически проста и управляема.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балашова Т.А.* Роль геоинформационных систем в образовании // Вестник Алтайского государственного университета. – 2010. – № 3. – С. 4–7.
2. *Быстров А.Ю., Лубнин Д.С., Груздев С.С., Андреев М.В., Дрыга Д.О., Шкуров Ф.В., Колосов Ю.В.* Применение геоинформационных технологий в дополнительном школьном образовании. // Экология, экономика, информатика. – Ростов-на-Дону. – 2016. – С. 42–47.
3. *Денисов Д.А.* Теоретические основы геоинформационных систем и методика использования ГИС в экологическом образовании. // Вестник Мининского университета. – 2015. – № 2 (10) – С. 26.
4. *Лазебник О.А., Дьячковский Г.Е.* Геоинформационные системы, их возможности и внедрение в образование // География для будущих поколений. – Якутск. – 2001. – С. 67–70.
5. *Куприенко В.Ю., Куролап С.А.* Геоинформационные системы в профессиональном геоэкологическом образовании // Волновые процессы в неоднородных и нелинейных средах – Воронеж. – 2004. – С. 152–155.
6. *Новенко Д.В.* Опыт использования геоинформационных технологий в школьном образовании // География в школе. – 2009. – № 5. – С. 34–37.
7. *Пивоварова И.И.* Геоинформационные технологии в образовании // Современное образование: содержание, технологии, качество. – 2015. – № 1. – С. 150–151.

8. *Цветков В.Я.* Особенности применения геоинформационных систем в образовании // Управление образованием: теория и практика. – 2013. – № 4 (12). – С. 15–18.

Andrey N. Beshentsev[1]**, Darima A. Gabeeva**[2]

THE EDUCATIONAL-METHODICAL "GIS-BAIKAL" PROGRAM

ABSTRACT

The article outlines the main types of territorial activities that need qualified personnel in the field of creating and using subject and interdisciplinary geoinformation systems. Methodical problems of modern geoinformation education in the Baikal region are determined and emphasis is placed on the need for training students and schoolchildren of senior classes on regional geographic material. As a means of optimizing geoinformation education and public education, the "GIS-Baikal" teaching and methodological program has been proposed and tested. Technological and methodological elements of this program have been considered. The advantages of electronic teaching aids are substantiated, the features of visual materials are considered, the authors' methodical development is proposed, combining multimedia presentations and printed materials. The goals and objectives of the educational GIS, consisting of information, technological and analytical subsystems, are defined, the structure and content of subsystems is described. The territorial levels for the solution of spatial problems are established, the corresponding scales and elements of the content of topographic bases are determined. The results of approbation of the program in conducting summer environmental practices with students and schoolchildren in the senior classes at the Istomino IEOC on the shores of Lake Baikal are presented. The mechanism of training, the time organization, procedures and operations of carrying out field and cameral work during the program implementation is described. In conclusion, the assessment of the educational potential of the proposed educational and methodological program is given, the conclusions about its effectiveness are substantiated, the fields of application are proposed.

KEYWORDS:

geoinformation education, e-learning tools, GIS, territorial activities, spatial analysis

REFERENCES

1. Balashova T.A. Rol' geoinformacionnyh sistem v obrazovanii [The role of geoinformation systems in education], Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010, No 3, pp. 4–7 (in Russian).
2. Bystrov A.Ju., Lubnin D.S., Gruzdev S.S., Andreev M.V., Dryga D.O., Shkurov F.V., Kolosov Ju.V. Primenenie geoinformacionnyh tehnologij v dopolnitel'nom shkol'nom obrazovanii [Application of geoinformation technologies in additional school education], Ekologija, Ekonomika, informatika, Rostov-na-Donu, 2016, pp. 42–47 (in Russian).
3. Denisov D.A. Teoreticheskie osnovy geoinformacionnyh sistem i metodika ispol'zovanija GIS v ekologicheskom obrazovanii [Theoretical bases of geoinformation systems and methodic of using GIS in environmental education], Vestnik Mininskogo universiteta, 2015, No 2 (10), p. 26.
4. Lazebnik O.A., D'iachkovskii G.E. Geoinformatsionnye sistemy, ikh vozmozhnosti i vnedrenie v obrazovanie [Geoinformation systems, their capabilities and implementation in education], Geografiia dlia budushchikh pokoleniy, Iakutsk, 2001, pp. 67–70 (in Russian).

[1] FGBUN Baikal Institute of Nature Management SB RAS; Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova st, 8, *e-mail:* abesh@mail.ru

[2] FGBOU VO Buryat State University; Russia, 670000, Ulan-Ude, Smolin st 24; *e-mail:* gabeeva@mail.ru

5. Kuprienko V.Ju., Kurolap S.A. Geoinformacionnye sistemy v professional'nom geoekologicheskom obrazovanii [Geoinformation systems in professional geo-ecological education], Volnovye processy v neodnorodnyh i nelinejnyh sredah, Voronezh, 2004, pp. 152–155 (in Russian).
6. Novenko D.V. Opyt ispol'zovanija geoinformacionnyh tehnologij v shkol'nom obrazovanii [Experience in using geoinformation technologies in school education], Geografija v shkole, 2009, No 5, pp. 34–37 (in Russian).
7. Pivovarova I.I. Geoinformacionnye tehnologii v obrazovanii [Geoinformation technologies in education], Sovremennoe obrazovanie: soderzhanie, tehnologii, kachestvo, 2015, No 1, pp. 150–151 (in Russian).
8. Tsvetkov V.Ja. Osobennosti primenenija geoinformacionnyh sistem v obrazovanii [Features of the application of geoinformation systems in education], Upravlenie obrazovaniem: teorija i praktika, 2013, No 4 (12), pp. 15–18 (in Russian).

УДК 378.016; 901.1; 528.4 DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-272-283

Т.А. Алиев[1], Т.А. Заболотская[2], А.В. Шепелева[3], А.В. Волков[4], В.В. Засядь-Волк[5], С.Н. Максимов[6], А.М. Поликарпов[7]

ФОРМИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ С ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ»

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена вопросу формирования образовательных траекторий при разработке междисциплинарных программ бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки «Землеустройство и кадастры» в Санкт-Петербургском государственном университете. Авторы выражают свою точку зрения на проблему разработки системного подхода при построении структуры междисциплинарной программы, предполагая кооперацию различных областей знания, что позволяет составлять целостное представление о сложных многоуровневых объектах исследования. В своей статье авторы указывают на то, что в рамках направления подготовки «Землеустройство и кадастры» им удалось с помощью междисциплинарного подхода сформировать образовательную траекторию со значительной составляющей в области наук о Земле. В данной статье сформулированы задачи, сто-

---

[1] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* t.aliev@spbu.ru
[2] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* t.zabolotskaya@spbu.ru
[3] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* a.shepeleva@spbu.ru
[4] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет; 190005, Россия, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, 4; *e-mail:* ahtelin@mail.ru
[5] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* v.zasyad-volk@spbu.ru
[6] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* s.maksimov@spbu.ru
[7] Санкт-Петербургский государственный университет; 199034, Россия, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9; *e-mail:* a.polikarpov@spbu.ru

ящие перед разработчиками основных образовательных программ высшего образования в условиях повышения влияния потребностей рынка труда и участия работодателей в формировании содержания профессионального образования. В статье рассматривается вопрос о повышении соотносимости компетенций выпускников и трудовых функций профессиональных стандартов, имеющих своей целью определить современные запросы рынка труда. Авторы исследуют проблему взаимодействия с работодателями при разработке и реализации основных образовательных программ высшего образования при возрастающей роли междисциплинарного и модульного подхода в организации учебного процесса в вузе.

В своей статье авторы дают краткое изложение основных положений концепции разработки образовательных программ в рамках собственного образовательного стандарта СПбГУ, что является отличительной особенностью профессиональной подготовки специалистов по направлению «Землеустройство и кадастры» в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

высшее образование, междисциплинарность, учебный план, учебный год, учебный процесс, естественные дисциплины, землеустройство и кадастры, научная работа

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка специалистов с высшим образованием в области земельных отношений, землеустройства и кадастров в современных условиях является востребованной в обширном профессиональном поле.

Основной задачей университетской подготовки бакалавров и магистров в области землеустройства и кадастров является образование специалистов, владеющих современными знаниями для изучения земли как государственного территориального ресурса и объекта управления [Vasconcelos C., 2016)], профессионально подготовленных для производственной и исследовательской работы как в специализированных государственных, так и в частных учреждениях, а также в различных научно-исследовательских организациях, занимающихся вопросами земельно-имущественных отношений.

Отличительными особенностями подготовки специалистов в данной области на кафедре землеустройства и кадастров Института Наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета являются:

- разработка и реализация основных образовательных программ по данному направлению подготовки в рамках классического университета, что создаёт все необходимые условия для комплексной подготовки специалистов в сфере земельно-имущественных отношений на междисциплинарной основе с фундаментальной составляющей в области наук о Земле;
- формирование документов основных образовательных программ в условиях собственного Образовательного стандарта СПбГУ, что обеспечивает возможность разработки конкурентоспособных образовательных продуктов и подготовку специалистов, качественно отвечающих требованиям рынка труда;
- тесное взаимодействие с профильными организациями и учреждениями, что подтверждается подписанными по инициативе кафедры землеустройства и кадастров Соглашениями о сотрудничестве в сфере образования и науки между СПбГУ и организациями, реализующими государственные функции по использованию землеустройства и кадастров как инструмента государственной социально-экономической политики и управления территориями [Алиев Т.А. и др., 2015].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методом исследования явился объективный и всесторонний анализ современного состояния образовательного процесса в высшей школе [Горохов В.Г., 2006; Жукова Е.А., 2007;

Буденкова В.Е. и др., 2008; Петрова Г.И., 2008; Bowser G. *et al.*, 2014; Hedegaard-Soerensen L. *et al.*, 2017], вопросов развития методологии, разработки основных образовательных программ высшего образования в России и за рубежом. Исследования были проведены с применением совокупности методов и способов научного познания. Абстрактно-логический метод позволил раскрыть теоретические аспекты оценки междисциплинарных разработок в сфере высшего образования [Hill T.R. *et al.*, 2008; Kawabata M. *et al.*, 2010; Davis E. *et al.*, 2012; Klein J.T., 2014; Jakobsen M.M. *et al.*, 2015; Jakab I. *et al.*, 2016; Hedegaard-Soerensen L. *et al.*, 2017], определить основные характеристики процессов и явлений, происходящих в этой сфере. Системно-структурный метод был использован для анализа состояния учебно-методической базы и выявления современных структурных изменений в разработках документов образовательных программ. Применение полученных результатов исследования на практике позволило разработать и апробировать в условиях реального учебного процесса разработанные документы образовательных программ и учебно-методических комплексов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Основными видами профессиональной деятельности выпускников программ по направлению «Землеустройство и кадастры» являются научные исследования и прикладные разработки в области управления земельными ресурсами, экономики недвижимости, геодезии, картографии, геоинформатики, землеустройства и государственного реестра недвижимости; а также в области планирования, организации и осуществления управленческой, экономической, маркетинговой деятельности в кадастровых учреждениях и организациях, в подразделениях непрофильных организаций, органах государственной власти и местного самоуправления.

Потребность в выпускниках данного направления для развития нашего города и региона в целом по нашим оценкам достаточно высока, и перед разработчиками основных образовательных программ СПбГУ по направлению «Землеустройство и кадастры» стояла задача рассмотреть перспективы развития этого направления подготовки с помощью опыта реализации схожих образовательных программ как у нас в стране, так и в зарубежных вузах [Волков С.Н. и др., 2014; Ostrowski S. *et al.*, 2015].

При проведении анализа рассматривались характеристики самих вузов (рейтинг вуза, количество обучающихся в этом вузе), требования к поступающим на программу, её характеристика, сведения об условиях реализации, описание рынка спроса выпускников и все учебно-методические материалы программы, размещённые на сайте вуза.

Организация учебного процесса в высшей школе всегда требовала системного подхода. Хочется обратить внимание на простые, но действенные методические установки по ведению образовательного процесса, сформулированные профессором Л.Е. Смирновым, доктором географических наук, профессором, выдающимся организатором науки: «…это — логическая последовательность учебных курсов, связь между географическими и специальными дисциплинами, такое сочетание специальных курсов, которое позволяет в необходимом объёме передавать знания и формировать навыки…, систематичность в переходе от теории к практике, от стандартных операций к творческим действиям, от знакомства с теорией к учебным, а затем и к производственным практикам».

Образовательные программы направления «Землеустройство и кадастры», реализуемые в Институте наук о Земле, являются направлением, относящимся к области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки», они изначально были нами ориентированы на междисциплинарность в обучении [Morin E., 1999]. Междисциплинарный подход к преподаванию ряда дисциплин и ведения всего образовательного процесса на стыке наук, даёт возможность получения действительно нового знания, проясняющего подлинную сущность рассматриваемого объекта, в нашем случае – земли, как объекта управления и основного территориального ресурса государства [Шепелева А.В. и др., 2016; Mittelstrass J., 1993;

Kolb A.Y. *et al.*, 2005; Mansilla V.B. *et al.*, 2007; Repko, Allen F., 2005, 2011; Siewert C. *et al.*, 2014; Bruce C.D. *et al.*, 2016].

При разработке программ нами ставились следующие цели:

- междисциплинарная программа должна формировать системное мышление;
- междисциплинарная программа должна обеспечивать готовность решать проблемы не только из смежных, но и из разных научно-профессиональных областей.

Критериями междисциплинарной программы нами были определены:

- обеспечение междисциплинарных связей разного уровня в содержании учебно-методических материалов программы;
- включение в содержание дисциплин программы актуальных междисциплинарных задач;
- придание междисциплинарного характера курсовым и выпускным квалификационным работам с обеспечением внедрения в практику полученных результатов;
- активное использование в программе проблемно-исследовательских, активных, коллективных стратегий и методик обучения;
- вовлечение обучающихся в выполнение междисциплинарных проектов при осуществлении научно-исследовательской работы;
- наличие в программе междисциплинарных практикумов и тренингов;
- формирование программой профессиональных компетенций на основе трудовых функций профессиональных стандартов разных областей профессиональной деятельности;
- независимая оценка и подтверждение качества программы со стороны нескольких объединений и сообществ различной профессиональной направленности.

Мы провели встречи и обсуждения с представителями-работодателями профильных организаций города, с которыми СПбГУ подписал Соглашения о сотрудничестве в области землеустройства и кадастров. В результате положительных отзывов, полученных в ходе этих обсуждений, на основании предложений работодателей нами были разработаны особые траектории программ в рамках междисциплинарного подхода к образовательному процессу.

При актуализации в 2014 году Приложения к ОС СПбГУ по направлению «Землеустройство и кадастры» (уровень подготовки «бакалавриат»), на этапе перехода к нынешней редакции ОС СПбГУ, нами сознательно был выбран вариант реализации нашей программы с фундаментальной составляющей – блоком дисциплин в области наук о Земле.

Нами была поставлена задача реализации на программе всех преимуществ классического университетского образования для наших студентов, овладения ими знаниями в области наук о Земле в объёме, позволяющем комплексно решать многовариантные задачи в их дальнейшей профессиональной деятельности [Алиев и др., 2016; Swart R.J. *et al.*, 2003; Knowlton J.L. *et al.*, 2014; D'Antonio A. *et al.*, 2016; Verma P. *et al.*, 2016; Vogt J. *et al.*, 2016].

Образовательная программа бакалавриата «Кадастр недвижимости» представляет собой междисциплинарную программу, реализуемую в рамках направления «Землеустройство и кадастры» с серьёзной составляющей в области наук о Земле. Это делает нашу программу уникальной и выгодно отличает её от образовательных программ данного направления, реализуемых в технических и аграрных вузах, даёт нашим выпускникам значительные преимущества как на рынке труда, так и в перспективе их научно-исследовательской деятельности.

В образовательный стандарт СПбГУ по направлению «Землеустройство и кадастры», в учебный план и рабочие программы дисциплин образовательной программы бакалавриата «Кадастр недвижимости» был внесён ряд изменений, что по существу и определило её междисциплинарный характер.

Образовательный стандарт СПбГУ по направлению «Землеустройство и кадастры» (уровень подготовки «бакалавриат») имеет блок компетенций, определяющих естественно-научную траекторию подготовки, максимальный объём аудиторных занятий в неделю составляет 32 часа, что позволяет в учебном процессе ориентироваться на потоковые (традици-

онные, сложившиеся за десятилетия) лекции первого курса направлений подготовки Института наук о Земле. Эти дисциплины представляют все науки, слагающие современную географию: физическая география, картография, геодезия, общее землеведение, геоморфология, общая гидрология, биогеография, почвоведение и география почв, основы учения об атмосфере, ландшафтоведение и др. [Алиев Т.А. и др., 2015].

Общегеографическая подготовка студентов кафедры землеустройства и кадастров соответствует требованиям классического университетского образования и ничем не отличается от традиционной подготовки студентов других кафедр Института наук о Земле первого года обучения [Заболотский А.А., 2013]. В учебном плане образовательной программы «Кадастр недвижимости» на первом курсе обучения по дисциплинам в области наук о Земле общая трудоёмкость составляет 60 з.е. Студенты программы на 2 и 3 курсах обучения продолжают получать углублённые знания в области наук о Земле по дисциплинам геоинформационно-картографо-геодезической направленности.

Для корректировки учебного процесса, особенно при его осуществлении в рамках междисциплинарного подхода к образованию, для учёта требований профессионального сообщества нами осуществляется тесная связь с профильными учреждениями города, что позволяет обеспечить востребованность выпускников программы среди работодателей.

В тесном взаимодействии с работодателями нами была разработана магистерская программа «Управление объектами недвижимости и развитием территорий» по направлению «Землеустройство и кадастры», которая изначально разрабатывалась как программа с междисциплинарным подходом к преподаванию дисциплин учебного плана.

В образовательный стандарт СПбГУ по направлению «Землеустройство и кадастры» (уровень подготовки «магистратура») с этой целью был включён раздел дополнительных общекультурных компетенций. Учебный план программы изначально формировался по принципу «равновесных» модулей, определяющих различные аспекты управления объектами недвижимости: геоинформационный, правовой, экономический и технический. Системный подход к формированию модулей (циклов дисциплин) позволил равновесно распределить трудоёмкость учебного плана программы по этим блокам (от 7 до 10 з.е.) с акцентом на блок экономических дисциплин (13 з.е.), и это без учёта трудоёмкости научно-исследовательской работы и практик.

Одним из механизмов саморегулирования рынка труда, запросы которого необходимо учитывать при разработке основных образовательных программ, на сегодняшний день становится Профессиональный стандарт. Профессиональный стандарт представляет собой нормативный документ, устанавливающий в рамках конкретного вида или области профессиональной деятельности требования к содержанию и качеству труда; к условиям осуществления трудовой деятельности; к уровню квалификации работника; к практическому опыту, профессиональному образованию и обучению.

Тесное взаимодействие с профессиональным сообществом работодателей при разработке программ бакалавриата и магистратуры по направлению «Землеустройство и кадастры» позволил определить конкретную соотносимость компетенций программы с трудовыми функциями профессиональных стандартов, напрямую соотнесённых с полученными по данному направлению профессиями. К таким профессиональным стандартам относятся стандарты «Специалист в сфере кадастрового учёта» и «Специалист в области инженерно-геодезических изысканий».

Междисциплинарный подход к формированию образовательных траекторий программы бакалавриата позволил говорить о более близкой соотносимости компетенций программы с трудовыми функциями ряда профессиональных стандартов: «Специалист по применению геоинформационных систем и технологий для решения задач государственного и муниципального уровня» и «Специалист по оказанию космических услуг на основе использования данных дистанционного зондирования Земли из космоса», чем в вузах, реализующих направление «Землеустройство и кадастры» без такой междисциплинарной составляющей.

Междисциплинарный подход к формированию образовательных траекторий программы магистратуры с акцентом на экономический модуль дисциплин учебного плана позволил говорить о более близкой соотносимости компетенций, получаемых нашими студентами, с трудовыми функциями таких профессиональных стандартов, как «Специалист в сфере закупок», «Эксперт в сфере закупок» и «Специалист в оценочной деятельности».

В октябре 2016 года представители Токийского университета обратились к нам с предложением сотрудничества в области образовательных программ по городскому развитию с инвестиционной составляющей. В развитии такого взаимодействия с японскими коллегами в настоящее время разработан макет образовательной модульной программы магистратуры с рабочим названием «Управление развитием города», соотносимый с профессиональным стандартом «Градостроительство».

ВЫВОДЫ

Основной задачей формирования особой образовательной траектории при разработке междисциплинарных образовательных программ высшего образования для нас стало сохранение всех преимуществ классического университетского образования, разработки такого набора компетенций, при успешном освоении которых выпускники программ становятся наиболее конкурентоспособными на рынке труда. Такой подход к решению междисциплинарной задачи даёт возможность подготовки специалистов, владеющих комплексом современных междисциплинарных знаний, качественно подготовленных для профессиональной производственной и исследовательской работы как в специализированных государственных, так и в частных учреждениях, а также в различных научно-исследовательских организациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алиев Т.А., Заболотская Т.А., Засядь-Волк В.В., Шепелева А.В*. Подготовка специалистов в области земельно-имущественных отношений в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения». – Санкт-Петербург, 11–13 ноября 2015 г. – СПб.: Политехника. – С. 348–355.
2. *Алиев Т.А., Заболотская Т.А., Засядь-Волк В.В.* Состояние и развитие подготовки выпускников по направлению «Землеустройство и кадастры» в Институте наук о Земле СПбГУ // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 7. Геология. География. – 2015. – Вып. 1. – С. 152–158.
3. *Буденкова В.Е., Савельева Е.Н.* Инновационно-образовательная программа «Формирование профессиональных, личностных и общекультурных компетенций средствами культурологических дисциплин – студент XXI века» как опыт реализации междисциплинарного подхода в учебном процессе в классическом университете // Вестник Томского гос. университета. Философия. Социология. Политология. – 2008. – № 3. – С. 123–127.
4. *Волков С.Н., Чепурин Е.М., Грачев И.А.* Современное состояние и перспективы развития учебно-методического объединения вузов Российской Федерации по образованию в области землеустройства и кадастров // Землеустройство и кадастр недвижимости: проблемы и пути их решения. Материалы международного научно-практического форума. – М., 2014. – С.150–167.
5. *Горохов В.Г.* Междисциплинарные исследования научно-технического развития и инновационная политика // Вопросы философии. – 2006. – № 4.
6. *Жукова Е.А.* Hi-Tech: феномен, функции, формы / Под ред. И.В. Мелик-Гайказян. – Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2007.
7. *Заболотский А.А.* Совершенствование учебного процесса с помощью геоинформационных технологий при проведении полевых учебных практик на территории УНС

«Саблино» // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Сер. 7. Геология. География. – 2013. – Вып. 4. – С. 175–182.
8. *Петрова Г.И.* Междисциплинарность университетского образования как современная форма его фундаментальности // Вестник Томского гос. университета. Философия. Социология. Политология. – 2008. – № 3. – С. 7–13.
9. *Шепелева А.В., Засядь-Волк В.В., Максимов С.Н., Алиев Т.А., Заболотская Т.А.* Учёт экологических факторов в кадастре недвижимости для целей управления устойчивым развитием урбанизированных территорий // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС 22». – 2016. – Т. 2. – С. 244–255. DOI:10.24057/2414-9179-2016-2-22-244-255.
10. *Bowser G., Gretzel U., Davis E., Brown M.* Educating the future of sustainability // Sustainability (Switzerland). – 2014. – 6 (2). – Pp. 692–701. DOI: 10.3390/su6020692.
11. *Bruce C.D., Davis B., Sinclair N., McGarvey L., Hallowell D., Drefs M., Francis K., Hawes Z., Moss J., Mulligan J., Okamoto Y., Whiteley W., Woolcott G.* Understanding gaps in research networks: using “spatial reasoning” as a window into the importance of networked educational research // Educational Studies in Mathematics. – 2016. – Pp. 1–19. DOI: 10.1007/s10649-016-9743-2.
12. *D’Antonio A., Monz C., Larson N., Rohman A.* An application of recreation resource assessment techniques to inform management action in an urban-proximate natural area // Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 2016, 14, Pp. 12–21. DOI: 10.1016/j.jort.2016.04.002.
13. *Davis E., Bowser G., Brown M.* Creating the global leader and global mind-set: Engaging multicultural students in multidimensional learning // Environmental Leadership: A Reference Handbook. – 2012. – Pp. 891–899. DOI: 10.4135/9781452218601.n92.
14. *Hedegaard-Soerensen L., Jensen C.R., Tofteng D.M.* Interdisciplinary collaboration as a prerequisite for inclusive education // European Journal of Special Needs Education. – 2017. – Pp. 1–14. DOI: 10.1080/08856257.2017.
15. *Hill T.R., Traynor C.H., Birch-Thomsen T., De Neergaard A., Bob U., Manyatsi A.M., Sebego R.J.* Clear the mind of pre-conceived ideas and get your hands dirty! An approach to field-based courses: The SLUSE-southern Africa experience // Journal of Geography in Higher Education. – 2008. – 32 (3). – Pp. 441–457. DOI: 10.1080/03098260701731140.
16. *Jakab I., Grežo H., Ševčík M.* Inquiry based and blended learning using geographical information system // Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL 2016-January. – 2016. – Pp. 287–295.
17. *Jakobsen M.M., Andersson R.* A scientific approach to teaching - to reach innovative pedagogical approaches nationwide // Proceedings of the 43rd SEFI Annual Conference 2015 – Diversity in Engineering Education: An Opportunity to Face the New Trends of Engineering, SEFI 2015. – 2015.
18. *Kawabata M., Bahadur Thapa R., Oguchi T., Tsou M.-H.* Multidisciplinary cooperation in gis education: A case study of us colleges and universities // *Journal* of Geography in Higher Education. – 2010. – No 34 (4). – Pp. 493–509. DOI: 10.1080/03098265.2010.486896.
19. *Klein J.T.* Discourses of transdisciplinarity: Looking back to the future // Futures, 2014, Vol. 63. – Pp. 68–74. DOI: 10.1016/j.futures.2014.08.008.
20. *Knowlton J.L., Halvorsen K.E., Handler R.M., O’Rourke M.* Teaching interdisciplinary sustainability science teamwork skills to graduate students using in-person and web-based interactions // Sustainability (Switzerland). – 2014. – № 6 (12). – Pp. 9428–9440. DOI: 10.3390/su6129428.
21. *Kolb A.Y., Kolb D.A.* Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education // Academy of Management Learning and Education. – 2005. – № 4 (2). – Pp. 193–212.

22. *Mansilla V.B., Duraising E.D.* Targeted assessment of students' interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed // Journal of Higher Education. – 2007. – 78 (2). – Pp. 215–237. Cited 85 times. DOI: 10.1353/jhe.2007.0008.
23. *Mittelstrass J.* "Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?" Utopie Wissenschaft // Ein Symposium an der Universität Hannover über die Chancen des Wissenschaftsbetriebs der Zukunft, 21–22 November, 1991. – Munich – Vienna: L.Hieber, 1993, Pp. 17–31.
24. *Morin E.* La Tête bien faite. Repenser la Réforme – Réformer la Pensée. – Paris: Editions du Seuil, 1999.
25. *Ostrowski S., Rolczyński R., Pniewska J., Garnik I.* User-friendly e-learning platform: A case study of a design thinking approach use // ACM International Conference Proceeding Series. – 29–30 June 2015. – a19. DOI: 10.1145/2814464.2814483.
26. *Repko A.F.* Interdisciplinary Practice: A student guide to research and writing // Boston: Pearson Custom Pub., 2005. – 178 p.
27. *Repko A.F.* Interdisciplinary research: Process and theory // Los Angeles: SAGE Publ., Inc. – 2011. – 544 p.
28. *Swart R.J., Raskin P., Robinson J.* The problem of the future: Sustainability science and scenario analysis // Global Environmental Change. – 2003. – № 14 (2). – Pp. 137–146. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2003.10.002.
29. *Siewert C., Barsukov P., Demyan S., Babenko A., Lashchinsky N., Smolentseva E.* Teaching soil science and ecology in West Siberia: 17 years of field courses // Environmental Education Research. – 2014. – № 20 (6). – Pp. 858–876. DOI: 10.1080/13504622.2013.
30. *Vasconcelos C.* Geoscience education: Indoor and outdoor. – 2016. – 236 p. DOI: 10.1007/978-3-319-43319-6.
31. *Verma P., Vaughan K., Martin K., Pulitano E., Garrett J., Piirto D.D.* Integrating indigenous knowledge and western science into forestry, natural resources, and environmental programs // Journal of Forestry. – 2016. – № 114 (6). – Pp. 648–655. DOI: 10.5849/jof.15-090.
32. *Vogt J., Fischer B.C., Hauer R.* Urban forestry and arboriculture as interdisciplinary environmental science: importance and incorporation of other disciplines // Journal of Environmental Studies and Sciences, 2016. – № 6 (2). – Pp. 371–386. DOI: 10.1007/s13412-015-0309-x.

Takhir A. Aliev[1], Tatiana A. Zabolotskaya[2], Antonina V. Shepeleva[3], Aleksey V. Volkov[4], Vladimir V. Zasyad'-Volk[5], Sergey N. Maksimov[6], Anatoliy M. Polikarpov[7]

THE FORMATION OF THE EDUCATIONAL TRAJECTORY WITH A GEOGRAPHICAL COMPONENT IN THE DEVELOPMENT OF MULTIDISCIPLINARY PROGRAMS IN HIGHER EDUCATION IN THE FIELD OF "LAND MANAGEMENT AND CADASTRES" TRAINING

ABSTRACT

The article is devoted to the problem of educational trajectories formation in the development of multidisciplinary undergraduate and graduate programs by specialty "Land management and cadastres" in Saint Petersburg State University. The authors express their viewpoint on the problem of developing a systemic approach for forming the structure of interdisciplinary programs, suggesting cooperation between different areas of knowledge. It gives the possibility to create an integrated picture about the complex multi-level objects of studying. In their article, the authors point out that in the framework of the specialty "Land management and cadastres" they have used a multidisciplinary approach while forming the educational trajectory with a significant component in the field of Earth Sciences. In this article, the authors stated the problems facing developers of the basic educational programs of higher education in the conditions of increasing influence of the needs of the labor market and engagement of employers in the formation of the content of vocational training. The authors investigate the problem of interaction with employers in the development and implementation of the basic educational programs of higher education with the increasing role of interdisciplinary and modular approach in the formation of the educational process at the University. The authors expound the basic principles of development of education programs within the framework of their own educational standard of St. Petersburg State University, which is a distinctive feature of the professional training of specialists in the field of "Land management and cadastres" at the Institute of Earth Sciences of Saint Petersburg State University.

KEYWORDS:

higher education, muitidisciplinarity, academic year, learning process, natural sciences, land management and cadastres, research activities

REFERENCES

1. Aliev T.A., Zabolotskaya T.A., Zasyad'-Volk V.V., Shepeleva A.V. Podgotovka spetsialistov v oblasti zemelno-imuschestvennih otnosheniy v Institute nauk o Zemle Sankt-Peterburgskogo Universiteta [Training of specialists in the field of land and property relations at the Institute of Earth Sciences of Saint Petersburg State University], Sbornik materi-

[1] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* t.aliev@spbu.ru
[2] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* zabolotskaya@spbu.ru
[3] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* a.shepeleva@spbu.ru
[4] St. Petersburg State Architectural-Construction University; 190005, Russia, 2nd Krasnoarmeyskaya st 4, St. Petersburg; *e-mail:* ahtelin@mail.ru
[5] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* v.zasyad-volk@spbu.ru
[6] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* s.maksimov@spbu.ru
[7] St. Petersburg State University; 199034, Russia, Universitetskaya emb. 7/9, St. Petersburg; *e-mail:* a.polikarpov@spbu.ru

alov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii “Geodeziya, kartografiya, geoinformatika i kadastri. Ot idei do vnedreniya”. Sankt-Peterburg, 11–13 noyabria 2015 g., St. Petersburg, Izd-vo “Politehnika”, pp. 348–355 (in Russian).

2. Aliev T.A., Zabolotskaya T.A., Zasyad’-Volk V.V. Sostoyaniye i razvitiye podgotovki vipusknikov po napravleniyu “Zemleustroystvo i kadastri” v Institute nauk o Zemle SPbGU [Condition and development of training of graduates in the field of “Land management and cadastres” at the Institute of Earth Sciences of St. Petersburg state University], Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Ser. 7. Geologiya. Geografiya, 2015, Vyp. 1, pp.152–158 (in Russian).
3. Budenkova V.E., Savel’eva E.N. Innovacionno-obrazovatel’naya programma “Formirovanie professional’nyh, lichnostnyh i obshchekul’turnyh kompetenciy sredstvami kul’turologicheskih disciplin – student XXI veka” kak opyt realizacii mezhdisciplinarnogo podhoda v uchebnom processe v klassicheskom universitete [Innovative educational program “Formation of professional, personal and General cultural competences by means of cultural studies – a student of the 21st century” as the experience of implementing an interdisciplinary approach in the educational process of classic University], Vestnik Tomskogo gos. universiteta. Filosofiya. Sociologiya. Politologiya, 2008, No 3, pp. 123–127 (in Russian).
4. Volkov S.N., Chepurin E.M., Grachev I.A. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivi razvitiya uchebno-metodicheskogo obyedineniya vuzov Rossiyskoy Federatsii po obrazovaniyu v oblasti “Zemleustroystva i kadastrov” [Current state and prospects of development of educational-methodical Association of Russian universities on education in the field of land management and cadastres], Zemleustroystvo i kadastr nedvizhimosti: problemi i puti ih resheniya. Materiali mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo foruma, Moscow, 2014, pp. 150–167 (in Russian).
5. Gorohov V.G. Mezhdisciplinarnye issledovaniya nauchno-tekhnicheskogo razvitiya i innovacionnaya politika [Interdisciplinary research technological development and innovation policy], Voprosy filosofii, 2006, No 4 (in Russian).
6. Zhukova E.A. Hi-Tech: fenomen, funkcii, formy [Hi-Tech: the phenomenon, functions, forms], Pod red. I.V. Melik-Gaikazyan, Tomsk: Izd-vo Tom. gos. ped. un-ta, 2007 (in Russian).
7. Zabolotskiy A.A. Sovershenstvovaniye uchebnogo protsessa s pomoschyu geoinformatsionnih tehnologiy pri provedenii polevih uchebnih praktik na territorii UNS “Sablino” [The improvement of the educational process with the help of GIS technologies during field training practices on the territory of educational and scientific station “Sablino”]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Ser. 7. Geologiya. Geografiya, 2013, Vyp. 4, pp. 175–182 (in Russian).
8. Petrova G.I. Mezhdistsiplinarnost’ universitetskogo obrazovaniya kak sovremennaya forma ego fundamental’nosti [Interdisciplinarity of Higher Education as a Modern Form of Its Fundamental Character], Vestn. Tom. gos. un-ta, Filosofiya. Sotsiologiya. Politologiya, 2008, No 3 (4), pp. 7–13 (in Russian).
9. Shepeleva A.V., Zasyad’-Volk V.V., Maksimov S.N., Aliev T.A., Zabolotskaya T.A. Uchyot ekologicheskih faktorov v kadastre nedvizhimosti dlya celej upravleniya ustojchivym razvitiem urbanizirovannyh territorij [Registration of ecological factors in the real estate cadaster for the purposes of management by sustainable development of urban territories], Proceedings of the International conference “InterCarto/InterGIS 22”, 2016, Vol. 2, pp. 244–255. DOI:10.24057/2414-9179-2016-2-22-244-255 (in Russian).
10. Bowser G., Gretzel U., Davis E., Brown M. Educating the future of sustainability, Sustainability (Switzerland), 2014, No 6 (2), pp. 692–701. DOI: 10.3390/su6020692.
11. Bruce C.D., Davis B., Sinclair N., McGarvey L., Hallowell D., Drefs M., Francis K., Hawes Z., Moss J., Mulligan J., Okamoto Y., Whiteley W., Woolcott G. Understanding gaps in re-

search networks: using “spatial reasoning” as a window into the importance of networked educational research, Educational Studies in Mathematics, 2016, pp. 1–19. DOI: 10.1007/s10649-016-9743-2.
12. D’Antonio A., Monz C., Larson N., Rohman A. An application of recreation resource assessment techniques to inform management action in an urban-proximate natural area, Journal of Outdoor Recreation and Tourism, 2016, 14, pp. 12–21. DOI: 10.1016/j.jort.2016.04.002.
13. Davis E., Bowser G., Brown M. Creating the global leader and global mind-set: Engaging multicultural students in multidimensional learning, Environmental Leadership: A Reference Handbook, 2012, pp. 891–899. DOI: 10.4135/9781452218601.n92.
14. Hedegaard-Soerensen L., Jensen C.R., Tofteng D.M. Interdisciplinary collaboration as a prerequisite for inclusive education, European Journal of Special Needs Education, 2017, pp. 1–14. DOI: 10.1080/08856257.2017.
15. Hill T.R., Traynor C.H., Birch-Thomsen T., De Neergaard A., Bob U., Manyatsi A.M., Sebego R.J. Clear the mind of pre-conceived ideas and get your hands dirty! An approach to field-based courses: The SLUSE-southern Africa experience. Journal of Geography in Higher Education, 2008, No 32 (3), pp. 441–457. DOI: 10.1080/03098260701731140.
16. Jakab, I., Grežo, H., Ševčík, M. Inquiry based and blended learning using geographical information system. Proceedings of the European Conference on e-Learning, ECEL 2016-January, 2016, pp. 287–295.
17. Jakobsen M.M., Andersson R. A scientific approach to teaching - to reach innovative pedagogical approaches nationwide, Proceedings of the 43rd SEFI Annual Conference 2015 - Diversity in Engineering Education: An Opportunity to Face the New Trends of Engineering, SEFI 2015, 2015.
18. Kawabata M., Bahadur Thapa R., Oguchi T., Tsou M.-H. Multidisciplinary cooperation in gis education: A case study of us colleges and universities. Journal of Geography in Higher Education, 2010, No 34 (4), pp. 493–509. DOI: 10.1080/03098265.2010.486896.
19. Klein J.T. Discourses of transdisciplinarity: Looking back to the future, Futures, 2014, Vol. 63, pp. 68–74. DOI: 10.1016/j.futures.2014.08.008.
20. Knowlton J.L., Halvorsen K.E., Handler R.M., O’Rourke M. Teaching interdisciplinary sustainability science teamwork skills to graduate students using in-person and web-based interactions, Sustainability (Switzerland), 2014, No 6 (12), pp. 9428–9440. DOI: 10.3390/su6129428.
21. Kolb A.Y., Kolb D.A. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education, Academy of Management Learning and Education, 2005, No 4 (2), pp. 193–212.
22. Mansilla V.B., Duraising E.D. Targeted assessment of students’ interdisciplinary work: An empirically grounded framework proposed, Journal of Higher Education, 2007, No 78 (2), pp. 215–237. DOI: 10.1353/jhe.2007.0008.
23. Mittelstrass J. “Interdisziplinarität oder Transdisziplinarität?”, Utopie Wissenschaft [“Interdisciplinarity or Transdisciplinarity?, Utopia in Science”], Ein Symposium an der Universität Hannover über die Chancen des Wissenschaftsbetriebs der Zukunft, 21–22 November, 1991, Munich – Vienna: L.Hieber, 1993, pp. 17–31 (in German).
24. Morin E. La Tête bien faite. Repenser la Réforme – Réformer la Pensée [The Head well done. Rethinking the Reform – Reforming Thought], Paris, Editions du Seuil, 1999 (in French).
25. Ostrowski S., Rolczyński R., Pniewska J., Garnik I. User-friendly e-learning platform: A case study of a design thinking approach use. ACM International Conference Proceeding Series, 29–30 June 2015, 2015, a19. DOI: 10.1145/2814464.2814483.
26. Repko A.F. Interdisciplinary Practice: A student guide to research and writing, Boston: Pearson Custom Pub., 2005, 178 p.

27. Repko A.F. Interdisciplinary research: Process and theory, Los Angeles: SAGE Publ., Inc., 2011, 544 p.
28. Swart R.J., Raskin P., Robinson, J. The problem of the future: Sustainability science and scenario analysis, Global Environmental Change, 2003, No 14 (2), pp. 137–146. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2003.10.002.
29. Siewert C., Barsukov P., Demyan S., Babenko A., Lashchinsky N., Smolentseva E. Teaching soil science and ecology in West Siberia: 17 years of field courses, Environmental Education Research, 2014, No 20 (6), pp. 858–876. DOI: 10.1080/13504622.2013.
30. Vasconcelos C. Geoscience education: Indoor and outdoor, 2016, pp. 1–236. DOI: 10.1007/978-3-319-43319-6.
31. Verma P., Vaughan K., Martin K., Pulitano E., Garrett J., Piirto D.D. Integrating indigenous knowledge and western science into forestry, natural resources, and environmental programs, Journal of Forestry, 2016, No 114 (6), pp. 648–655. DOI: 10.5849/jof.15-090.
32. Vogt J., Fischer B.C., Hauer R. Urban forestry and arboriculture as interdisciplinary environmental science: importance and incorporation of other disciplines, Journal of Environmental Studies and Sciences, 2016, No 6 (2), pp. 371–386. DOI: 10.1007/s13412-015-0309-x.

УДК 39(084.3) DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-283-293

А.М. Сараева[1], **Л.В. Суханов**[2]

ПРИЁМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА КАРТЕ ЭТНОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются особенности пространственного представления о размещении предметов и явлений на Земле. Одним из видов «картографического представления» является моделирование на контурной карте. Выявлены преимущества приёма. Применение приёма моделирования, который позволяет включить этногеографические данные в содержание характеристик территории и отразить их на контурной карте. Основу этногеографического моделирования составляют выявление и создание с помощью условных знаков элементов материальной и духовной культуры народов. Сопоставление этих элементов, их наложение относительно друг друга, а также сопоставление их с географическими картами позволяют определить взаимосвязи и зависимость явления. Моделирование на контурных картах – базовый приём обучения в географии. С одной стороны, он создаёт картографический образ изучаемой территории, а с другой – способствует созданию «зрительных опор» на карте.

Моделируя на контурных картах, учащиеся вначале наносят основные географические названия, которые будут выполнять роль опорных знаний. Затем, целенаправленно анализируя и сопоставляя тематические карты атласа или учебника, учащиеся отражают конкретные этногеографические знания на контурных картах. В результате контурные карты приобретают «своё лицо», а не становятся простой копией карт атласа или учебника.

Также проанализированы особенности воздействия данного приёма на формирование пространственных представлений об изученном объекте. Благодаря картографической модели можно поддерживать постоянный познавательный интерес к изученному материалу. Моделирование на контурной карте позволит представить структуру связей между эле-

---

[1] Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, факультет естественных наук, кафедра географии; 302026, Россия, Орёл, ул. Комсомольская, 95; *e-mail:* amsaraeva-osu@yandex.ru
[2] Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, факультет естественных наук, кафедра географии; 302026, Россия, Орёл, ул. Комсомольская, 95; *e-mail:* leonid-geo@rambler.ru

ментами этногеографического материала. Основу этногеографического моделирования на контурной карте составляет выявление и нанесение на карту элементов материальной и духовной культуры народов. Данная позиция является благоприятной при составлении комплексной этногеографической характеристики территории.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

этногеография, материальная и духовная культура, моделирование

ВВЕДЕНИЕ

Моделирование является одним из приёмов обучения составлению комплексной этногеографической характеристики территории. Одним из видов моделирования является работа на контурной карте. Никакое, даже самое подробное, описание не может дать того пространственного представления о размещении предметов и явлений на земле, какое даёт «картографическое представление».

Моделирование представляет собой процесс чувственного познания, в результате которого строится модель, её исследование служит способом получения знаний об оригинале [Фридман Л.М., 1984, с. 23]. Так, географическая карта служит моделью соответствующей местности. Изучая карту, можно получить знания об особенностях этой местности, о путях сообщения и пр.

Использование картографического моделирования в обучении имеет два аспекта. Во-первых, при моделировании учащиеся имеют дело с тем содержанием, которое должно быть ими усвоено. Моделирование есть тот метод познания, которым они должны овладеть. Во-вторых, моделирование является тем учебным действием и средством, без которого невозможно полноценное обучение [Фридман Л.М., 1984, с. 33]. Необходимость овладения учащимися методом моделирования, как особым действием, диктуется не только его значимостью как метода научного познания, но и психолого-педагогическими соображениями.

В целях формирования предполагается, что картографическая модель, отражающая общее пространственное представление об изученном объекте, является важным элементом обучения, с помощью которого учитель может поддерживать постоянный познавательный интерес к изучаемому материалу.

Задачей данного исследования является моделирование на контурной карте с целью отображения структуры связей между элементами этногеографического материала.

Основу этногеографического моделирования на контурной карте составляет выявление и нанесение на карту элементов материальной и духовной культуры народов. Сопоставление этих элементов, наложение относительно друг друга, а также сопоставление их с географическими картами позволяет определить взаимосвязи и зависимость явлений, на первый взгляд учащихся, совершенно несопоставимых.

Приведём пример.

Задание.

Сопоставляя карты растительности и почв, установите, где были распространены 2 типа древнерусских жилищ – «полуземлянки» и наземные срубные дома. Обозначьте на контурной карте границы природных зон и древнерусские жилища с помощью условных знаков.

Таким образом, наложение данных распространения двух типов древнерусского жилища (рисунок 1) – полуземлянок и наземных срубных домов – в междуречье Оки и Волги на карту природных зон этого региона дало возможность подтвердить предположение о том, что строительный материал и конструкция жилищ рядового населения зависит от таких географических условий, как типы почвы и растительности.

Важно отметить, что явления материальной и духовной культуры рассматриваются не статично, а в их историческом развитии. Моделирование позволяет сосредоточить внимание на существенных сторонах явления. Оно не затушёвывает, а напротив, подчёркивает харак-

терные свойства. Отражение этногеографических знаний с помощью моделирования на контурной карте является увлекательной работой для учащихся, повышает интерес к предмету.

Цель моделирования на контурной карте отличается от цели работы с обычными географическими картами. Если при работе с обычными географическими картами основное внимание уделяется вычитыванию их содержания, формированию пространственного представления о размещении объектов и явлений, то при моделировании на контурных картах преследуются цели закрепления и проверки картографических представлений учащихся. Закрепление в памяти учащихся картографических представлений происходит в то время, когда они заполняют контурные карты.

Работа на готовой картографической основе, т.е. на контурных картах, сопровождает все этапы изучения географии в школе. При этом нужно учитывать нагрузку учащихся, их возрастные особенности, степень сложности изучаемого материала, умело дозировать использование контурных карт.

Моделирование на контурных картах – это важное экономное средство изучения и закрепления в памяти карты, развитие столь необходимых в практической жизни географических, пространственных представлений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Моделирование на контурных картах (только не механическое, а в определённой степени творческое) развивает самостоятельное мышление учащихся, их умение сравнивать, сопоставлять, делать соответствующие выводы. При моделировании на контурных картах важна формулировка заданий, которые получают учащиеся. Нельзя не указывать на ту оценку, которую даёт Н.Н. Баранский такому виду работы: «Многократная проверка постановки школьного преподавания географии бесспорно доказала, что хорошее знание карты у учеников данного класса предполагает работу по заполнению контурных карт, и, наоборот, отсутствие такой работы неизбежно ведёт к совершенно путанным и никуда не годным пространственным представлениям» [Баранский Н.Н., 1955, с. 194]. Следует учесть и ещё одно обстоятельство. Знания по моделированию на контурных картах способствуют развитию общей географической, в частности картографической, подготовки учеников. Работа по моделированию на контурных картах отражает индивидуальные особенности каждого учащегося – его организованность, уровень географических знаний, географическую грамотность. Следовательно, она является важным способом оценки знаний.

Основные задачи при обучении географии в нашем исследовании сводятся к формированию у школьников этногеографических знаний с помощью моделирования на контурных картах. Одновременно с усвоением этих знаний необходимо научить школьников умениям применять их в разнообразных ситуациях. Эффективность формирования основных этногеографических знаний повышается, если на уроках географии систематически проводить работы по моделированию на контурных картах. Задания для моделирования на контурных картах составляются с учётом не только репродуктивной деятельности школьников, но и деятельности частично-поискового характера, способствующей более прочному усвоению и осмыслению этнографических знаний. Моделируя на контурных картах, учащиеся вначале наносят основные географические названия, которые будут выполнять роль опорных знаний. Затем, целенаправленно анализируя и сопоставляя тематические карты атласа или учебника, учащиеся отражают конкретные этногеографические знания на контурных картах. В результате контурные карты приобретают «своё лицо», а не становятся простой копией карт атласа или учебника.

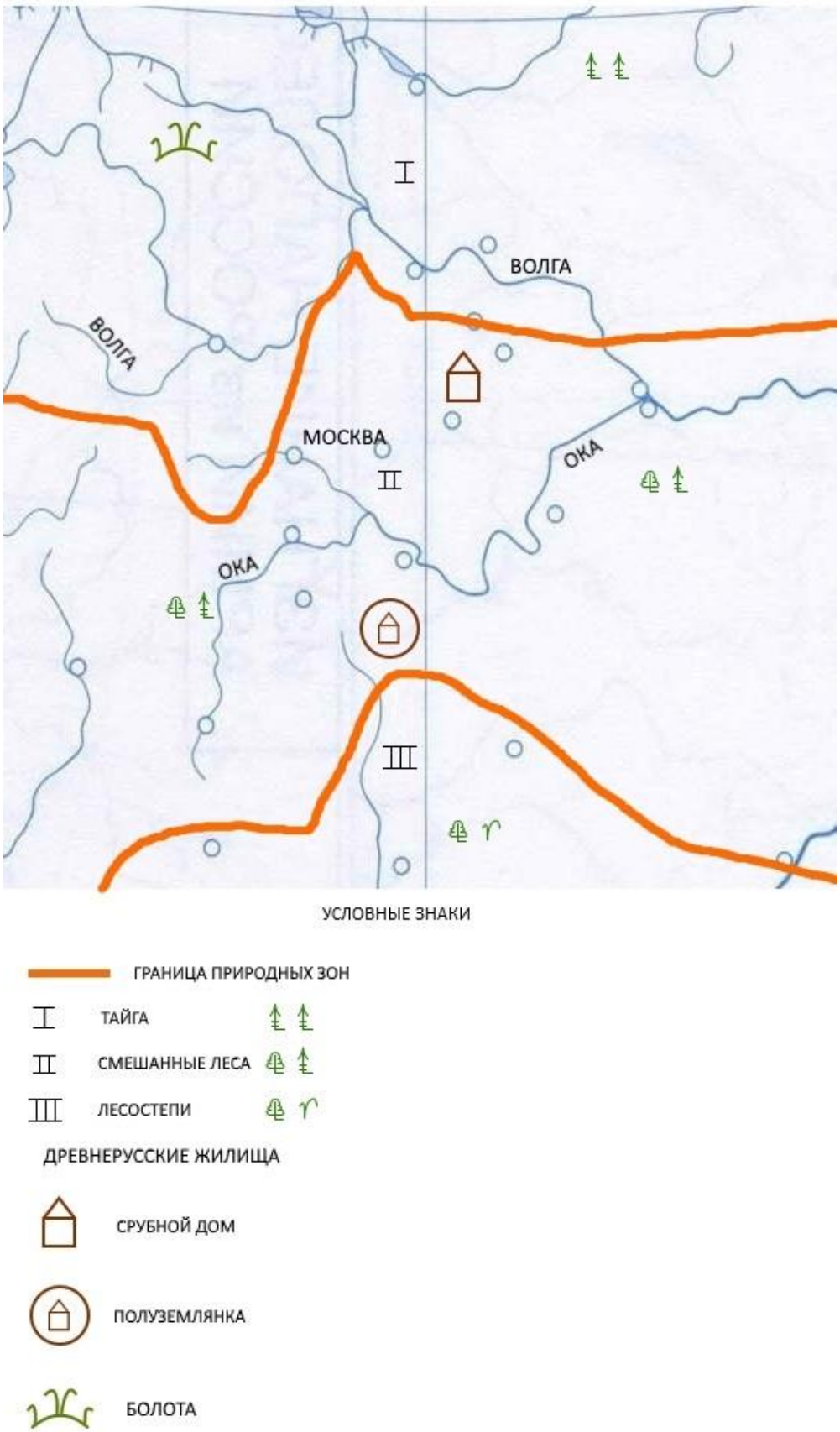


Рисунок 1. *Распространение древнерусских жилищ*
Figure 1. *The spread of ancient Russian dwellings*

Рассмотрим пример.

Творческое задание, целью которого было формирование умения творческого применения знаний при работе с контурной картой

На основе рассказа учителя (текст ниже) и карты атласа «Восточно-Европейская равнина» (стр. 24–25), проведите границу на контурной карте между распространением основных групп говоров русского населения на Русской равнине. Придумайте условные знаки, названия говоров и обозначьте их на карте.

Рассказ учителя:

«Языковая близость славян при широком географическом расселении – явление трудно объяснимое. Особенно велико сходство в лексике и грамматике. Языковая близость славян привела к тому, что даже в конце XIX века было трудно провести чёткую языковую границу.

Современное развитие культуры, массовых средств информации постепенно сводит на нет существование ряда диалектов, местных говоров. Сохраняющиеся различия касаются в основном фонетики. Так, в русском языке северные и южные говоры различаются в произношении буквы «Г». В литературном русском и северорусских говорах «Г» произносится твёрдо, в южнорусских мягко с придыханием. Северорусское население «окает», ясно произнося «О» в безударных слогах. В южнорусских диалектах «акают». Одни диалекты распространены по линии Псков – Тверь – Москва – Владимир – Пенза – Саратов, другие диалекты распространены по линии Смоленск – Рязань – Тамбов – Саратов (рисунок 2) (составлено по С.А. Токареву «Этнография народов СССР»).

Систематически работая с контурными картами, школьники приобретают умения самостоятельно устанавливать разнообразные связи между этнографическими объектами и явлениями, например, между рельефом и типом жилища, рельефом и характером размещения этносов и другие связи.

Приведём пример.

Творческое задание, целью которого было формирование умения творческого применения знаний при работе с контурной картой

На основе рассказа учителя (текст ниже) и карты «Природные зоны», нанесите границы природных зон и распространения основных типов жилищ русского населения на территории Русской равнины. Придумайте условные обозначения, названия типов жилищ и обозначьте их на карте.

Рассказ учителя:

Географические условия и социально-политические, экономические факторы сказались на особенностях расселения, типов поселения и крестьянских дворов. В степной зоне селятся крупными сёлами либо вытянутого уличного, улично-квартального плана, либо кучевыми сёлами, с запутанными кривыми улицами. Чем дальше к северу, тем малодворнее посёлки. К XIX веку они уже приобретают определённый порядок – рядовой или уличный. Типология крестьянских дворов меняется также в широтном направлении.

В одних русских областях сложились внушительные комплексы жилых и хозяйственных построек, объединённых под одной крышей. Такие хоромы, рубленные из крупных брёвен, и сейчас ещё встречаются.

В других русских районах жилые помещения пониже, хозяйственные постройки ставят рядом с домом или позади него.

В третьих русских районах дворовые постройки располагаются либо свободно, либо по периметру двора (рисунок 3).

Моделируя на контурных картах с помощью элементов этнографии, школьники также приобретают умение составлять комплексную характеристику территории, что придаёт ей своеобразный характер.

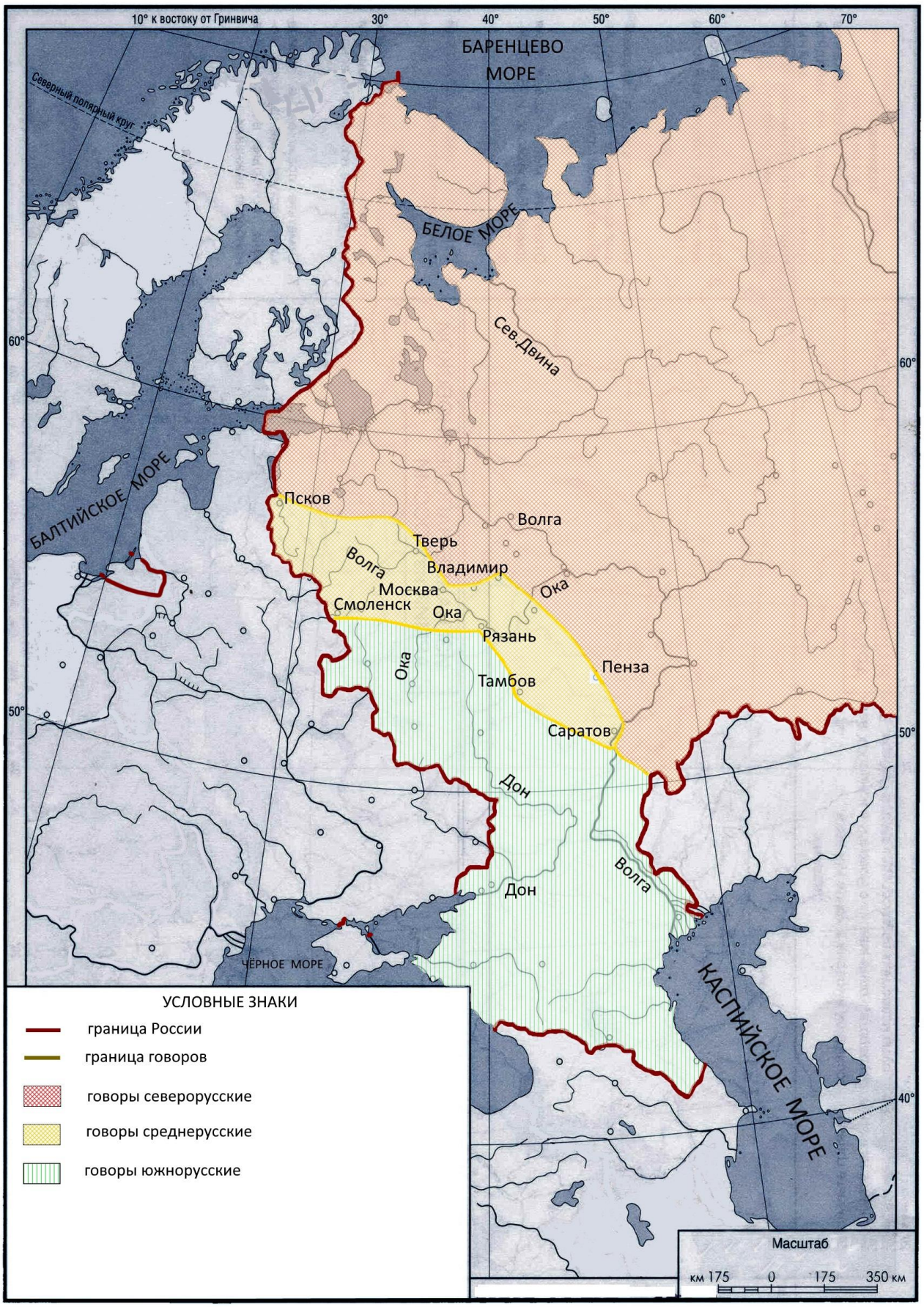


Рисунок 2. *Распространение основных групп говоров*
Figure 2. *Distribution of major groups of dialects*

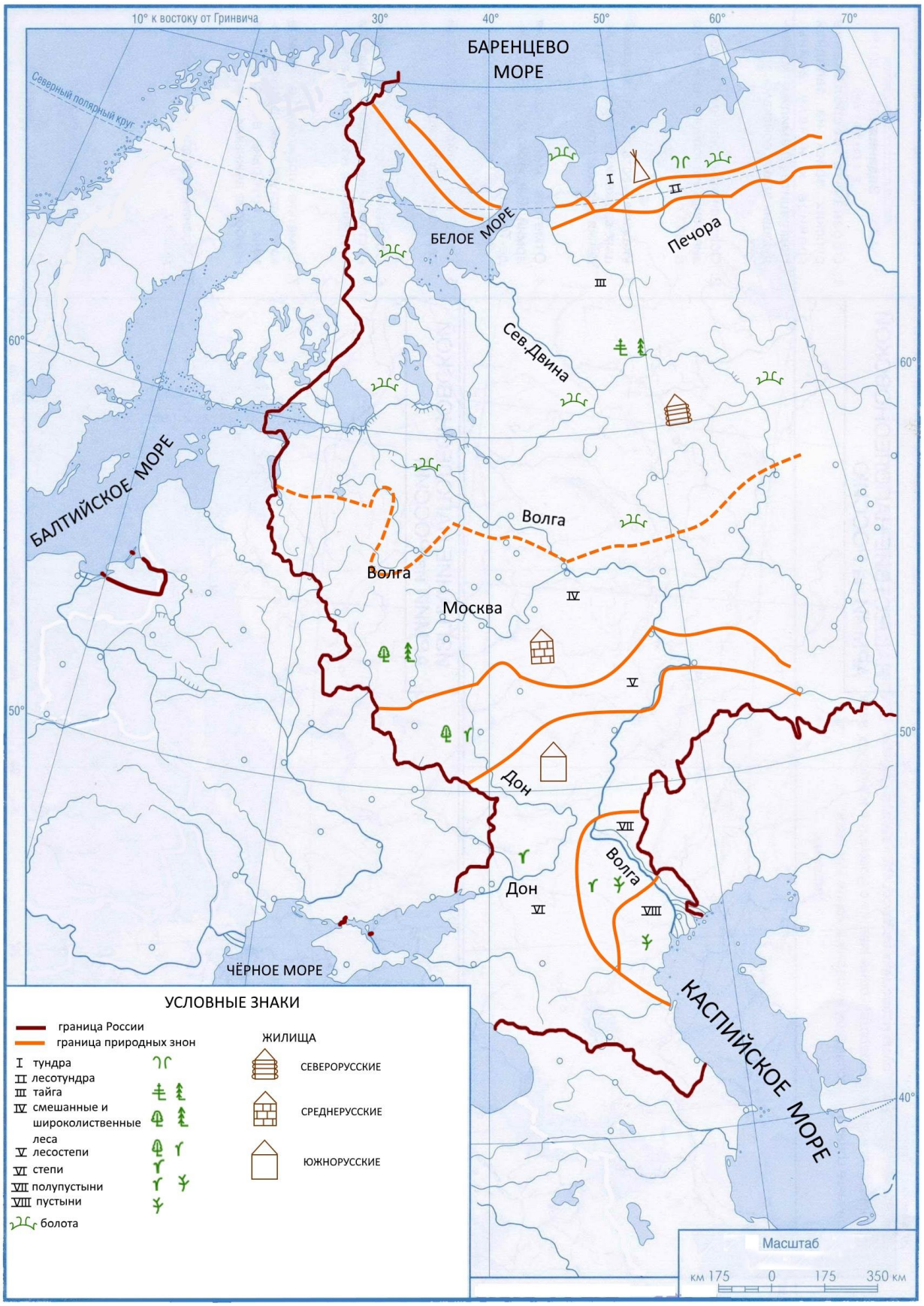


Рисунок 3. *Распространение основных типов жилищ*
Figure 3. *Distribution of basic types of dwellings*

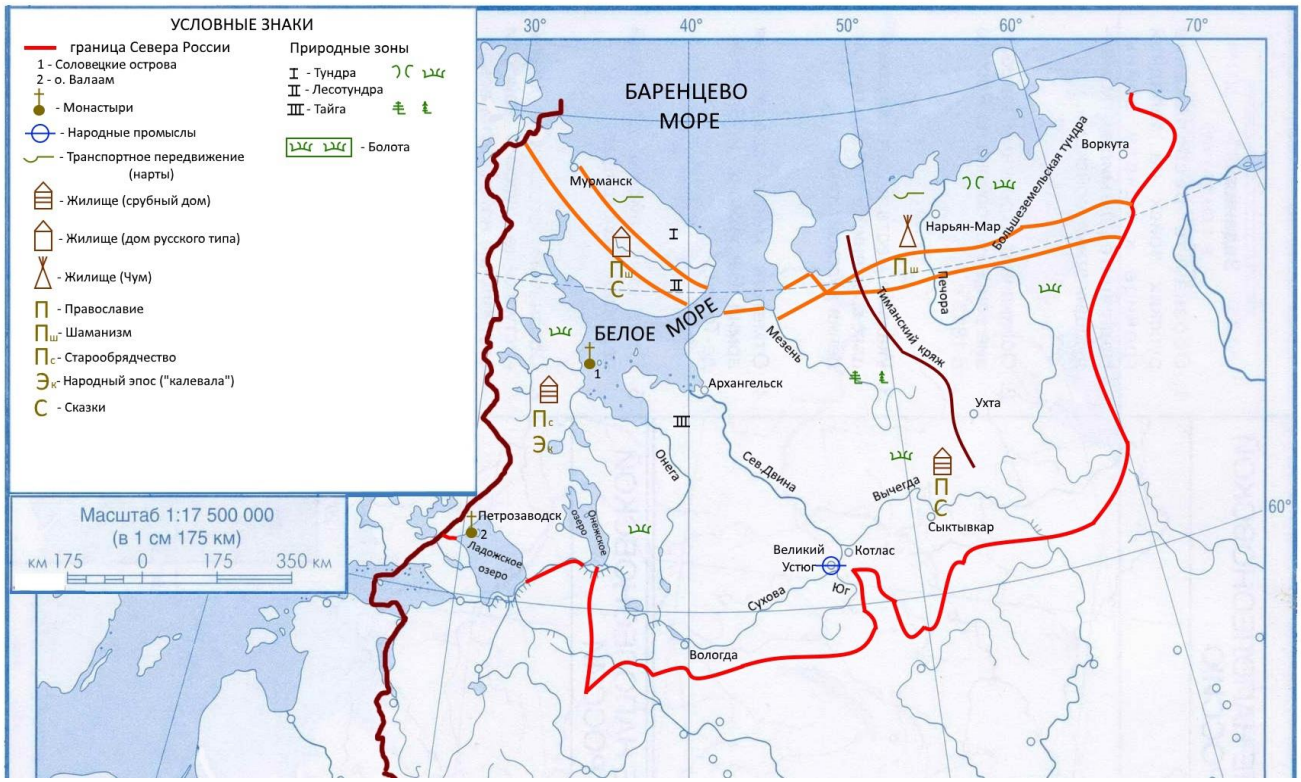


Рисунок 4. *Северная Россия*
Figure 4. *Northern Russia*

Приведём пример.

Творческое задание, целью которого было формирование умения творческого применения знаний при работе с контурной картой

На основе сообщений учащихся (опережающее задание «Этногеографическая характеристика народов Севера России») и карты «Север России», придумайте условные обозначения, названия типов жилищ, транспортных средств передвижения, верований и фольклора народов «Севера исторической России» и обозначьте их на контурной карте (рисунок 4).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Обобщая проведённый анализ этапов использования моделирования на контурных картах этногеографических характеристик территорий, можно выделить следующие преимущества и ограничения данного вида моделирования.

Преимущества:

- использование моделирования на контурной карте этногеографических знаний даёт учащимся хороший эффект для создания этногеографической характеристики территории;
- за короткое время учащиеся имеют возможность получить и усвоить большой объём информации;
- учащиеся любят работать на контурных картах, и такой приём усвоения знаний чаще всего проходит плодотворно;
- в целях закрепления и обобщения этногеографических знаний необходимо на уроке провести собеседование с учащимися по вопросам моделирования на контурных картах.

Ограничения:

С помощью моделирования можно осуществлять контроль за уровнем усвоения знаний.

Покажем методику работы по моделированию на контурных картах России на примере изучения тем курса.

Так, при изучении темы «Народы России» учащимся предлагаются задания и вопросы разного уровня сложности, в результате выполнения которых отрабатывается поэтапное моделирование объекта.

Задания и вопросы репродуктивного уровня:

1. Нанести границу России и подписать на контурной карте её столицу.
2. Нанести границы и подписать самые большие по площади субъекты Российской Федерации.
3. Пользуясь картой атласа, обведите ареалы народов, населяющих Дальний Восток.

Задания и вопросы для закрепления умений характеризовать размещение народов России:

1. Устно описать географическое положение своей области, края, республики.
2. Определить, в какой из республик в составе России самый разнообразный этнический состав? Какие народы её заселяют?
3. Какие народы населяют вашу область (край)?
4. Пользуясь картой атласа, обведите ареалы народов, проживающих в бассейне реки Оби.

Задания частично-поискового уровня:

1. Пользуясь картой «Народы России» в учебнике А.В. Даринского (с. 60–61) и атласом (с. 35) отметьте (штрихом) на контурной карте названия городов России, число которых более одного миллиона, в местах их большего расселения.
2. Сопоставляя карту «Народы России» и карту «Религии России» в учебнике А.И. Алексеева (с. 88), обозначьте разной штриховкой территории на контурной карте виды религий, которые исповедуют татары, чеченцы, буряты, нганасане, карелы.

Задания на исследовательском уровне:

1. Пользуясь картами атласа «Агроклиматические ресурсы» и «Народы России», совершите воображаемое путешествие с запада на восток от Архангельска до Нарьян-Мара. Проведите на контурной карте границы природных зон, через которое пройдёт путешествие, также обведите ареалы народов и укажите занятия народов.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования проанализированы этапы использования моделирования на контурных картах. Это требует хорошей предварительной подготовки учащихся (развитое умение по работе на контурных картах, свободное чтение географических карт).

Ценность работы по моделированию на контурных картах в том, что она активизирует учащихся, учит их самостоятельно мыслить, развивает, в частности, аналитические способности учащихся. Следует также признать, что решающее преимущество работы с картой состоит в достижении более глубокого понимания учащимися основ науки, прочного и осмысленного запоминания фактического материала, в выработке у учащихся умения легко, то есть «с листа» читать и понимать карту.

В практике составления комплексной характеристики территории также можно использовать моделирование на контурных картах с целью проверки этногеографических знаний. Проверку умения моделировать этногеографические явления и процессы учащимися с помощью карт можно сочетать с проверкой их теоретических знаний. В этом случае, после того как учащимися будут нанесены на контурную карту те или иные объекты, им предлагается объяснить причины именно такого размещения объектов. Проведение таких работ по контурным картам целесообразно проводить фронтально, то есть со всем классом.

Моделирование на контурных картах – один из приёмов обучения составлению этногеографической характеристики территории, поскольку с помощью моделирования можно

отразить целый ряд этногеографических особенностей, касающихся материальной и духовной культуры этноса, жилища, одежды, пищи, религии, языка и т.д.

Моделирование на контурных картах – один из приёмов частично-поискового приобретения знаний.

Являясь в географии базовым приёмом обучения, моделирование на контурных картах, с одной стороны, создаёт картографический образ изучаемой территории, с другой – способствует созданию «зрительных опор» на карте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранский Н.Н.* Очерки по школьной методике экономической географии. – М: Учпедгиз, 1955. – 320 с.
2. *Голов В.П.* Средства обучения географии и условия их эффективного использования. – М., 1987. – 222 с.
3. Методика обучения географии в общеобразовательных учреждениях: учебное пособие для студентов вузов / Душина И.В., Пятунин В.Б., Летягин А.А. и др.; под ред. *И.В. Душиной*. – М.: Дрофа, 2007. – 509 с.
4. Методика обучения географии: учебник и практикум для академического бакалавриата / Е.А. Таможняя, М.С. Смирнова, И.В. Душина: под общ. ред. *Е.А. Таможней*. – М.: Юрайт, 2016. – 321 с.
5. *Сараева А.М.* Вопросы этнографии и методика их изучения в курсе «География России»: дисс. … канд. пед. наук. – М: 1996. – 228 с.
6. *Фридман Л.М.* Наглядность и моделирование в обучении. – М.: Знание, 1984. – 80 с.

Anna M. Saraeva[1], **Leonid V. Sukhanov**[2]

METHODS OF SIMULATION ON THE MAP OF ETHNOGEOGRAPHICAL KNOWLEDGE

ABSTRACT

The article deals with the features of the spatial representation of the location of objects and phenomena on the Earth. One of the types of "cartographic representation" is modeling on the contour map. The advantages of the method are revealed. The application of modeling techniques that allows one to include ethnogeographic data in the content of the characteristics of the territory and reflect them on the contour map. The basis of ethnogeographic modeling is the identification and creation of elements of the material and spiritual culture of peoples by means of conventional signs. Comparison of these elements, their superimposition with respect to each other, as well as their comparison with geographic maps allow us to determine the interrelations and the dependence of the phenomenon. Modeling on contour maps is the basic method of learning in geography. On the one hand, it creates a cartographic image of the studied territory, and on the other hand it facilitates the creation of "visual supports" on the map.

Modeling on contour maps, at the beginning students put the basic geographical names, which will serve as the basic knowledge. Then, by purposefully analyzing and comparing the thematic maps of the atlas or textbook, the students reflect specific ethno-geographical knowledge on contour maps. As a result, contour maps acquire "their own face", and do not become a simple copy of maps of an atlas or textbook.

[1] Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography; 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya st 95; *e-mail:* amsaraeva-osu@yandex.ru

[2] Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography; 302026, Russia, Orel, Komsomolskaya st 95; *e-mail:* leonid-geo@rambler.ru

Also, the features of the effect of this technique on the formation of spatial representations about the studied object have been analyzed. Thanks to the cartographic model, one can maintain a constant cognitive interest in the material studied. Modeling on the contour map will allow one to present the structure of the links between the elements of the ethnogeographical material. The basis of ethnogeographic modeling on the contour map is the identification and mapping of elements of the material and spiritual culture of peoples. This position is favorable for the compilation of a complex ethnographic characterization of the territory.

KEYWORDS:

ethnogeography, material and spiritual culture, modeling

REFERENCES

1. Baranskiy N.N. Ocherki po shkol'noj metodike ekonomicheskoj geografii [Essays on school methodology of economic geography], Moscow: Uchpedgiz, 1955, 320 p.
2. Golov V.P. Sredstva obucheniya geografii i usloviya ih effektivnogo ispol'zovaniya [Means of teaching geography and conditions of their effective use], Moscow, 1987, 222 p.
3. Metodika obucheniya geografii v obshcheobrazovatel'nyh uchrezhdeniyah: uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [Methods of teaching geography in secondary schools: text-book for university students], I.V. Dushina, V.B. Petunin, A.A. Letyagin *et al.*; ed. by I.V. Dushina, Moscow: Drofa, 2007, 509 p.
4. Metodika obucheniya geografii: uchebnik i praktikum dlya akademicheskogo bakalavriata [Methods of teaching geography: textbook and workshop for academic undergraduate] / E.A. Tamozhnyaja, M.S. Smirnova, I.V. Dushina: under the general editorship of E.A. Tamozhnyaja, Moscow: Yurait, 2016, 321 p.
5. Saraeva M.A. Voprosy etnografii i metodika ih izucheniya v kurse "Geografiya Rossii" [Questions of ethnography and methods of analysis in the course "Geography of Russia"], diss. ... cand. ped. nauk, Moscow, 1996, 228 p.
6. Friedman L.M. Naglyadnost' i modelirovanie v obuchenii [Visualization and simulation in teaching], Moscow: Znanie, 1984, 80 p.

СОДЕРЖАНИЕ

ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Балдина Е.А., Николаев Н.Р., Трошко К.А.
Применение радиолокационных данных Sentinel-1 для картографирования труднодоступных северных территорий
5

Еременко И.В., Дорофеева Д.В., Романюк В.А., Пищальник В.М.
Исследование изменений ледовитости Татарского пролива на основе данных дистанционного зондирования Земли
20

Рыльский И.А., Калинкин И.В.
Сравнение пригодности данных воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъёмки с БПЛА для обеспечения проектных работ
31

Пчельников Д.В., Добрецов Н.Н.
Построение временных рядов с одновременным использованием данных дистанционного зондирования Suomi NPP MODIS и Terra/Aqua MODIS
46

Сутырина Е.Н.
Изучение параметров ледово-термического режима озера Байкал с использованием дистанционных методов
52

Каверин А.В., Вдовин Е.С.
Картографирование Использование космических снимков Landsat для оценки экономического ущерба лесному хозяйству вследствие ветровала (на примере Республики Мордовия)
62

Грищенко М.Ю., Буторина С.А.
Исследование возможностей применения тепловых снимков для дешифрирования растительности (на примере островов Беринга и Кунашир)
71

Романюк В.А., Еременко И.В., Пищальник В.М.
Методика выявления наиболее уязвимых территорий при активизации экзогенных процессов, обусловленных динамикой климатического увлажнения (на основе ГИС и ДЗ)
81

Чупина Д.А., Зольников И.Д., Смоленцева Е.Н.
Учёт фактора трансграничной кластеризации в динамике экономических и селитебных систем приморских зон России: геоинформационный
93

Сергиенко Л.И., Паринов С.В., Никонорова С.П.
Мониторинг несанкционированных свалок на основе космических снимков из общедоступных источников и ГИС-технологий на примере г. Волжского
104

Скрипчинский А.В.
Опыт мониторинговых исследований на основе космической информации в Северо-Кавказском федеральном университете
111

Баранова М.С., Кочеткова А.И., Филиппов О.В., Брызгалина Е.С., Объедкова О.А.
Применение геоинформационных систем и спутниковых данных при исследовании заливов и устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей Волгоградского водохранилища
119

ЦИФРОВАЯ ЗЕМЛЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В ОБЛАСТЯХ С РАЗВИТЫМ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ

Мелкий В.А., Тикунова И.Н., Ерёмченко Е.Н., Черешня О.Ю., Фукуи Х., Марта С., Тахджана Я.
Геоинформационная поддержка принятия решений по использованию энергетических ресурсов Сахалина
132

Дмитриев В.В., Огурцов А.Н., Разживин В.Ю.
Интегральная оценка и геопространственный анализ аккумуляции нефтяных углеводородов в почвенном покрове острова Сахалин
143

Пьянков С.В., Максимович Н.Г., Хайрулина Е.А., Шихов А.Н., Абдуллин Р.К.
Применение ГИС-технологий для оценки и прогноза экологической ситуации в угледобывающих районах с критической техногенной нагрузкой
154

Воскресенский И.С., Сучилин А.А.
Геоинформационное эколого-геоморфологическое районирование трасс магистральных трубопроводов по условиям рельефообразующих процессов в Азиатско-Тихоокеанском регионе
167

Мелкий В.А., Верхотуров А.А.
Технология комплексного мониторинга состояния земель и динамики природных процессов в Сахалинской области
178

Баранов И.П., Степанова В.И., Пикуленко О.В.
Выявление закономерностей распределения месторождений УВ Африки по единой тектонической сети на основе карт пластики рельефа
194

ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Wasileva M., Naydenov K., Atanasov D.
Contemporary trends in geography education
205

Арпентьева М.Р.
Кибернетика и географическое образование: кибернетика обучения и обучение кибернетике
210

Грибок М.В.
Географические особенности массового информирования россиян о событиях в сфере экологии (на примере «РИА-новости»)
225

Арпентьева М.Р.
Медиатизация географического образования и проблемы медиабезопасности
234

Сучилин А.А., Ушакова Л.А., Владимирова М.Р., Ли. В.
Анализ Глобальные навигационные спутниковые системы в географическом образовании и прикладных исследованиях
247

Отто О.В., Редькин А.Г.
О картографической грамотности школьников и парадоксах географического образования
258

Бешенцев А.Н., Габеева Д.А.
Учебно-методическая программа «ГИС-Байкал»
265

Алиев Т.А., Заболотская Т.А., Шепелева А.В., Волков А.В., Засядь-Волк В.В., Максимов С.Н., Поликарпов А.М.
Формирование образовательной траектории с географической составляющей при разработке междисциплинарной программы высшего образования по направлению подготовки «Землеустройство и кадастры» 272

Сараева А.М., Суханов Л.В.
Приёмы моделирования на карте этногеографических знаний 283

CONTENTS[1]

REMOTE METHODS OF EARTH RESEARCH

Baldina E.A., Nikolaev N.R., Troshko K.A.
Application of Sentunel-1 radar data for mapping of hard-to-reach northern territories 5 (18)

Eremenko I.V., Dorofeeva D.V., Romanyuk V.A., Pishchalnik V.M.
Research of changes in the ice cover of the Tatar Strait based on data of remote sensing of the Earth 20 (30)

Rilskiy I.A., Kalinkin I.V.
Feasibility comparison of airborne laser scanning data and 3D-point clouds formed from unmanned aerial vehicle (UAV)-based imagery, used for 3D projecting 31 (45)

Pchelnikov D.V., Nikolay N. Dobtretsov N.N.
The construction of time series simultaneously using Suomi NPP VIIRS and Terra/Aqua MODIS remote sensing data 46 (51)

Sutyrina E.N.
Study of parameters of the ice-thermal regime of Lake Baikal using remote methods 52 (61)

Kaverin A.V., Vdovin E.S.
The use of Landsat satellite images for economic damage assessment to forestry of Mordovia due to a forest windfall 62 (69)

Grishchenko M.Yu., Butorina S.A.
Evaluation of the thermal infrared satellite images appliance for vegetation interpretation (case study of Bering and Kunashir islands) 71 (80)

Romanyuk V.A., Eremenko I.V., Pishchalnik V.M.
Analysis of interannual and seasonal variability of ice cover in Aniva Bay and La Perouse Strait according to Earth remote sensing data 81 (91)

[1] The page number in brackets corresponds to the English text

Chupina D.A., Zolnikov I.D., Smolentseva E.N.
The method to identify the most vulnerable areas caused by exogenous processes under aridification/humidification (based on GIS and RS) 93 (102)

Sergienko L.I., Parinov S.V., Nikonorova S.P.
Monitoring of unauthorized dumps with use of remote sensing on the example of Volzhskiy 104 (110)

Skripchinsky A.V.
Experience of monitoring research on the basis of space information in the North-Caucasian federal university 111 (118)

Baranova M.S., Kochetkova A.I., Philippov O.V., Bryzgalina E.S., Ob'edkova O.A.
Application of GIS and satellite data in the investigation of bays and estuarial abrasion-accumulative jumpers of the Volgograd reservoir 119 (130)

DIGITAL EARTH AND USE OF GIS IN REGIONS WITH DEVELOPED OIL AND GAS PRODUCING COMPLEX

Melkiy V.A., Tikunova I.N., Eryomchenko Eu.N., Chereshnya O.Yu., Hiromichi F., Sukendra M., Tahjana J.
GIS decision-making support for the use of energy resources of Sakhalin 132 (141)

Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N., Razzhivin V.Yu.
Integrated assessment and geospatial analysis of accumulation of petroleum hydrocarbons in the soil cover of Sakhalin Island 143 (152)

Pyankov S.V., Maximovich N.G., Khairulina E.A., Shikhov A.N., Abdullin R.K.
GIS-based evaluation and prediction of ecological situation in the coal mining areas with a critical technogenic impact 154 (166)

Voskresensky I.S., Suchilin A.A.
Geoinformation ecology-geomorphologic zoning of main pipeline routes according to the conditions of relief-forming processes in the Asian-Pacific region 167 (177)

Melkiy V.A., Verkhoturov A.A.
Geoinformation and cartographic support for monitoring natural and technogenic processes based on atlas mapping in the Sakhalin Region 178 (190)

Baranov I.P., Stepanova V.I., Pikulenko O.V.
Revealing regularities of distribution of hydrocarbon deposits of Africa on a single tectonic-based network based on maps of relief plastic 194 (203)

PROBLEMS OF GEOGRAPHICAL EDUCATION

Wasileva M., Naydenov K., Atanasov D.
Contemporary trends in geography education 205 (205)

Arpentieva M.R.
Cybernetics and geographical education: cybernetics of learning and learning of cybernetics 210 (222)

Gribok M.V.
Geographical features of the mass media informing about events in the field of ecology (on the example of "RIA-novosti" 225 (233)

Arpentieva M.R.
Geographical education mediatization and mediasecurity issues 234 (245)

Suchilin A.A., Ushakova L.A., Vladimirova M.R., Li V.
Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in geographical education and applied research 247 (256)

Otto O.V., Red'kin A.G.
On cartographic literacy of students and geographical education paradoxes 258 (263)

Beshentsev A.N., Gabeeva D.A.
The educational-methodical "GIS-Baikal" program 265 (271)

Aliev T.A., Zabolotskaya T.A., Shepeleva A.V., Volkov A.V., Zasyad'-Volk V.V., Maksimov S.N., Polikarpov A.M.
The formation of the educational trajectory with a geographical component in the development of multidisciplinary programs in higher education in the field of "Land management and cadastres" training 272 (280)

Saraeva A.M., Sukhanov L.V.
Methods of simulation on the map of ethnogeographical knowledge 283 (292)

СЕРИЯ КОНФЕРЕНЦИЙ ИНТЕРКАРТО/ИНТЕРГИС

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.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 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.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 18 – Смоленск, Сен-Дье-де-Вож (Франция), 26 июня – 4 июля 2012г.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 19 – Курск, Богота (Колумбия), 2 – 7 февраля 2013г.
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.
ИнтерКарто/ИнтерГИС 23 – Южно-Сахалинск, Сеул (Республика Корея), Вашингтон (США), 26 июня – 7 июля 2017 г.

Издание осуществлено за счёт гранта Российского научного фонда № 15-17-30009 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата»

INTERCARTO/INTERGIS CONFERENCE SERIES

InterCarto 1 – Moscow, May 23–25, 1994
InterCarto 2 – Irkutsk, June 26–29, 1996
InterCarto 3 – Novosibirsk, January 27–31, 1997
InterCarto 4 – Barnaul, July 1–4, 1998
InterCarto 5 – Yakutsk, June 17–19, 1999
InterCarto 6 – Apatity, Murmansk Province, August 22–24, 2000
InterCarto 7 – Petropavlovsk-Kamchatsky, July 30 – August 1, 2001
InterCarto 8 – Helsinki (Finland), St.-Petersburg, May 28 – June 1, 2002
InterCarto 9 – Novorossijsk, Sevastopol (Ukraine), June 25–29, 2003
InterCarto/InterGIS 10 – Vladivostok, Changchun (China), July 12 –19, 2004
InterCarto/InterGIS 11 – Stavropol, Dombai, Budapest (Hungary), September 25 – October 3, 2005
InterCarto/InterGIS 12 – Kaliningrad, Berlin (Germany), August 25–31, 2006
InterCarto/InterGIS 13 – Khanty-Mansiysk, Yellowknife (Canada), August 12–24, 2007
InterCarto/InterGIS 14 – Saratov, Urumqi (China), June 24 – July 1, 2008
InterCarto/InterGIS 15 – Perm, Ghent (Belgium), June 29 – July 5, 2009
InterCarto/InterGIS 16 – Rostov-on-Don, Salzburg (Austria), July 3–8, 2010
InterCarto/InterGIS 17 – Belokurikha, Altaysky Kray, Denpasar (Indonesia), December 14–19, 2011
InterCarto/InterGIS 18 – Smolensk, St. Die des Vosges (France), June 26, – July 4, 2012
InterCarto/InterGIS 19 – Kursk, Bogota (Colombia), February 2–8, 2013
InterCarto/InterGIS 20 – Belgorod, Kharkov (Ukraine), Kigali (Rwanda), Nairobi (Kenya), July 23 – August 6, 2014
InterCarto/InterGIS 21 – Krasnodar, Sochi, Suva (Fiji), November 12–19, 2015
InterCarto/InterGIS 22 – Wellington (New Zealand), Melbourne (Australia), Protvino, Moscow Region, August 31 – September 14, 2016
InterCarto/InterGIS 23 –Yuzhno-Sakhalinsk, Seoul (Republic of Korea), Washington DC (USA), June 26 – July 7, 2017

The publication was realized by a grant from the Russian Science Foundation No 15-17-30009 "Geoinformation support of sustainable development of the territories in the context of global climate change"

ИнтерКарто/ИнтерГИС 23

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Материалы Международной конференции Южно-Сахалинск (Россия),
Сеул (Республика Корея), Вашингтон (США)

26 июня – 7 июля 2017 г.

ТОМ 3

Руководитель проекта *О.В. Гаврилов*
Оформление обложки *К.В. Саутенков*
Корректор *Е.П. Паршина*
Компьютерная вёрстка *О.И. Маркова*

Подписано в печать 26.06.2017. Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 38,0. Уч.-изд. л. 20,4. Тираж 100 экз. Изд. № 10890. Заказ № 4544

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

Отпечатано в типографии ООО «Профессионал».
127051, Москва, Малая Сухаревская пл., д. 8, стр. 1