

УДК: 528.8,528.9

DOI: 10.35595/2414-9179-2025-2-31-117-134

Т. В. Верещака¹, А. А. Иванова², А. Л. Степанченко³

ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ БОЛОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ ПРИРОДООХРАННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена актуальность изучения и картографирования болот, требования к их отображению на специализированных топографических картах, материалы и методы исследования. Учен многолетний опыт, накопленный при картографировании болот на разных стадиях их изучения и освоения. Для получения динамических показателей состояния экосистем аэро- и космические снимки использованы в сочетании с топографическими картами разных лет издания. Показаны оптимальные подходы к интерпретации аэро- и космических снимков. Приняты за основу методы геоинформационного картографирования и ландшафтный подход наряду с приемами визуального дешифрирования и автоматизированной обработки снимков: мультиспектральным анализом, контролируемой классификацией, проблемно-ориентированными нормализованными индексами. Обоснован выбор и репрезентативность болот-эталонов для экспериментальных исследований. Охарактеризована специфика эталонов, требующая обязательного учета при адаптации дистанционных методов к решению природоохранных задач. Выявлены основные индикаторы состояния болот как основа экспериментов. Получены их качественные и количественные показатели для оценки саморазвития и нарушенности болот в связи с необходимостью восстановления и охраны. Представлены в обобщенном, систематизированном виде методические и практические рекомендации по исследованию состояния, тенденций развития и трансформации водно-болотных угодий при антропогенных воздействиях дистанционными методами. Рекомендации охватывают не только особенности изучения болот-эталонов, но и иллюстрирующую разработанную систему болотных комплексов с их дешифровочными признаками и изображениями на снимках и картах. Как окончательный результат приведен фрагмент специализированной топографической карты с ее легендой⁴. В заключении резюмируются подход и последовательность процессов адаптации методов дистанционного зондирования к решению природоохранных задач с позиции познавательной концепции картографии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: адаптация, водно-болотные угодья, дистанционные методы, интерпретация, карта специализированная топографическая, космические снимки

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, картографический факультет, Гороховский пер., д. 4, Москва, Россия, 105064, e-mail: cartography@miigaik.ru

² Московский государственный университет геодезии и картографии, картографический факультет, Гороховский пер., д. 4, Москва, Россия, 105064, e-mail: ania.ivanova96@yandex.ru

³ Московский государственный университет геодезии и картографии, картографический факультет, Гороховский пер., д. 4, Москва, Россия, 105064, e-mail: stalex@miigaik.ru

⁴ Понятие специализированной карты дано в работе: Верещака Т. В. Топографические карты: научные основы содержания. М.: Наука/периодика, 2002. 319 с.

Tamara V. Vereshchaka¹, Anna A. Ivanova², Aleksey L. Stepanchenko³

FEATURES OF INTERPRETATION OF SATELLITE IMAGES OF WETLANDS IN THE DEVELOPMENT OF SPECIALIZED TOPOGRAPHIC MAPS FOR NATURE CONSERVATION PURPOSES

ABSTRACT

The article considers the relevance of studying and mapping wetlands, requirements for their representation on specialized topographic maps, materials and methods of research. Long-term experience accumulated in mapping of swamps at different stages of their study and development is taken into account. To obtain dynamic indicators of ecosystems condition, aerial and space images are used in combination with topographic maps of different years of publication. Optimal approaches to interpretation of aerial and space images are shown. The methods of geoinformation mapping and landscape approach along with visual interpretation and automated image processing techniques: multispectral analysis, supervised classification, problem-oriented normalized indices are taken as a basis. The choice and representativeness of wetlands for experimental studies were justified. The specificity of the benchmarks, which requires mandatory consideration when adapting remote sensing methods to the solution of conservation problems, is characterized. The main indicators of the state of swamps as a basis for experiments are revealed. Their qualitative and quantitative indicators were obtained to assess the self-development and disturbance of wetlands in relation to the need for restoration and protection. Methodological and practical recommendations on the study of the state, development trends and transformation of wetlands under anthropogenic impacts using remote sensing methods are presented. The recommendations cover not only the peculiarities of wetlands study, but also illustrate the developed system of wetland complexes with their deciphering features and images on images and maps. As a final result, a fragment of a specialized topographic map with its legend is given.⁴ The approach and sequence of processes of adaptation of remote sensing methods to the solution of nature protection tasks from the position of cognitive concept of cartography are summarized in the conclusion.

KEYWORDS: adaptation, interpretation, remote methods, satellite images, specialized topographic map, wetlands

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время одним из актуальных направлений научной и практической деятельности в картографии является создание карт, являющихся способом изучения природы, природных ресурсов, их охраны и взаимоотношений в системе «природа – общество» в целом. Сосредоточению информации в едином государственном русле всегда способствовало систематическое изучение территорий в топографическом отношении. В настоящее время этой цели отвечают федеральный фонд пространственных данных (ФФПД) и Единая электронная картографическая основа (ЕЭКО), базу которой составляют также топографические карты. Топографические карты содержат базовые простран-

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Cartographic Faculty, 4, Gorokhovskiy ln., Moscow, 105064, Russia, *e-mail*: cartography@miigaik.ru

² Moscow State University of Geodesy and Cartography, Cartographic Faculty, 4, Gorokhovskiy ln., Moscow, 105064, Russia, *e-mail*: ania.ivanova96@yandex.ru

³ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Cartographic Faculty, 4, Gorokhovskiy ln., Moscow, 105064, Russia, *e-mail*: stalex@miigaik.ru

⁴ The concept of a specialized map is given in the work: *Vereshchaka T. V.* Topographic Maps: Scientific Foundations of the Content. Moscow: Nauka/Periodika, 2002. 319 p.

ственные данные о наиболее используемых, достоверных и устойчивых пространственных объектах, служащих основой позиционирования других.

Спрос на информацию в виде цифровой картографической продукции, особенно экологического характера, непрерывно растет, что обуславливает необходимость повышения информационной емкости ФФПД. Одним из оптимальных путей решения этой приоритетной задачи может быть создание специализированных топографических карт природоохранного типа с отображением ценных объектов природы большого средоформирующего потенциала и значения.

Таковыми объектами являются болотные массивы — уникальные комплексы взаимосвязанных компонентов топографической поверхности. Наземные, морские, прибрежные, озерные, речные местообитания и некоторые антропогенные водные объекты объединены в общее понятие — водно-болотные угодья (ВБУ)¹ в соответствии с Рамсарской конвенцией². Эти специфичные угодья представляют собой интразональные образования и встречаются повсюду. В мире площадь болотных угодий — 12 млн км² [Davidson et al., 2018], из них 3 млн км² — в России [Вомперский, 2005].

Болотные массивы — вполне репрезентативный территориальный комплекс земной поверхности, на примере которого разработана специализированная топографическая карта природоохранного типа, методы и технология ее создания [Верещака, Иванова, 2023].

Уникальность болот, состоящих из воды, болотных растений и торфа (содержащего 90 % воды) — в их природе. Они создают особую среду обитания с присущими им функциями: ресурсно-сырьевой, биологической, климатической, гидрологической, газорегуляторной. Торф древних геологических эпох, сохранивший остатки животных, артефакты, разнообразные формы растений накапливают информацию о прошлых эпохах, термическом режиме, экологических условиях и т. п. Болота — это своеобразные заповедники, которые позволяют сохраниться только им присущим исчезающим видам. Они представляют собой интереснейшие объекты исследований, требующие защиты. Без понимания и учета специфики болот их использование невозможно.

Водно-болотные угодья распространены неравномерно. Например, на севере, в Западной Сибири и других районах болота могут занимать до 40 % территории, где надо осваивать природные ресурсы, используя карты, востребованные в разных областях экономики и исследований: мелиорация, водное, лесное, сельское хозяйство, промышленность, энергетика, геологическая разведка, гидро- и гидроэкологические изыскания, при обосновании способов освоения болот, инженерном проектировании. Сущность, свойства и роль болот в биосфере вызывают необходимость их рационального использования, что предполагает мониторинг и картографирование состояния, саморазвития и трансформации этих экосистем при антропогенных воздействиях.

Практически во всех направлениях на разных стадиях освоения болот необходимы точные и детальные топографические карты достаточно крупных масштабов с выдержанными требованиями к их содержанию и мере его специализации в зависимости от цели и профиля освоения. Примеры направлений использования болот приведены в табл. 1.

¹ Водно-болотные угодья. Электронный ресурс: <https://greenpeace.ru/blogs/2023/02/01/vodno-bolotnye-ugodja/> (дата обращения 18.04.2025)

² Руководство по Рамсарской конвенции — The Ramsar Convention Manual: A Guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), 4th ed. Gland, 2006. 161 p.

Табл. 1. Направления использования болот и требования к их отображению на картах
 Table 1. Areas of use of swamps and requirements for their display on maps

Области применения	Направления использования	Основные требования к содержанию карт
1	2	3
Сельское хозяйство	Проектные обследования болотных массивов для их хозяйственного освоения; Пастбищное оленеводство; Оценка кормовых ресурсов для животных; Удобрение почв и приготовление подстилки; Цветоводство и овощеводство	Категории сельскохозяйственных угодий: сенокосы, пастбища; Категории ягельников (эталонные, высшие, низшие); Технические и агрохимические свойства торфа: тип торфа, зольность, степень разложения, массовая доля влаги, обменная кислотность
Лесное хозяйство	Лесоустройство; Лесотаксационные работы; Составление карт, планов, схем лесонасаждений; Лесотехнические мелиорации	Подробная характеристика древостоев по классам бонитета; Пнистость
Геологическая разведка	Детальная разведка торфяных месторождений с целью добычи торфа	Повышенные требования к изображению морфологии форм мезо- и микрорельефа; Детальный рисунок сети гидрографии; Границы, запасы и свойства торфа, аналогичные требованиям сельского хозяйства
Обоснование способов освоения болот и инженерного проектирования; Мониторинг; Антропогенные воздействия и охрана; Экологическая экспертиза	Обоснование проектов мелиоративных систем; Гидрологические и морфологические обследования водных объектов; Исследования водного баланса и гидрометеорологического режима водотоков и озер; Рекогносцировка района для организации пунктов наблюдений; Комплексные исследования водно-теплового режима заболоченных территорий в зоне многолетней мерзлоты; Определение уклонов поверхности	Граница нулевой залежи торфа; Сечение рельефа 0,25 м; 1,0 м; 2,0 м, микрорельеф; Минерализация болотных вод; Цифровая модель рельефа и минерального дна болота; Модель углов наклона поверхности болота и его минерального дна; Характеристики внутриболотных водотоков; Сетки линий стекания болотных вод; Створы и пункты наблюдений контроля и защиты; Характеристика болотных комплексов; Скважины уровня болотных вод; Мощность сезонно-талого слоя

В то же время болотные массивы труднодоступны, а порой и вовсе исключают полевые съемочные работы. В их исследовании особую актуальность представляют дистанционные методы, основанные на интерпретации аэро- и космических снимков как на методе научного познания, позволяющего через анализ, суждение, методические приемы, осмысление воспринять и раскрыть сущность, свойства, отношения и значимость изучаемого объекта.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Топографические карты разных лет издания

Отечественные и зарубежные карты, планы, графические изображения болот, начиная с чертежей — результаты экспедиционных работ по осушению болотных угодий (1873–1898 гг.) [Перечень карт..., 1899]; планы торфяных болот разных уездов и губерний (1926–1928 гг.) [План..., 1926; План..., 1928], а затем карты государственного торфяного фонда (1931–1988 гг.) [Карта..., 1977; Карта... 1989] и позднее — мелкомасштабные типологические карты болот, изданные отдельно и в атласах [Типологическая карта..., 1977; Природные ресурсы..., 1989; Атлас Ханты-Мансийского..., 2004; Атлас Ямало-Ненецкого..., 2004; Okefenokee Swamp..., 1980], среди которых «Атлас торфяных ресурсов СССР» [Атлас..., 1968], национальные атласы России и других стран [Национальный атлас России, 2007; The National atlas of Canada, 1985; Нацыянальны атлас Беларусі, 2002; Atlas över Skärgårds..., 1960; Lietuvos nacionalinis atlasas, 2016].

Материалы потребителей специализированной карты — комплекс инструкций, наставлений различных ведомств и организаций (Министерства геологии, Министерства сельского хозяйства, Министерства транспортного строительства и др.), связанных с освоением болот [Методические рекомендации..., 1973; Инструкция по дешифрированию..., 1978; Король и др., 1983; Верхояров и др., 1988].

Разновременные мультиспектральные космические изображения со спутников Landsat-2 MSS, Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI/TIRS, Sentinel-2 MSI. Задействованы данные не только оптического, но и теплового диапазона. При выборе снимков преимущественно учитывалось отсутствие облачности, тумана, смога на момент съемки. Отобранные изображения, покрывающие территории выбранных водно-болотных угодий, суммарно охватывают временной интервал в 45 лет (1977–2022 гг.):

- 13.06.1977 (Landsat-2 MSS);
- 20.05.1986 (Landsat-5 TM);
- 03.06.1989 (Landsat-5);
- 27.04.1995 (Landsat-5 TM);
- 20.06.2000 (Landsat-7 ETM+);
- 20.10.2015 (Sentinel-2 MSI);
- 13.06.2018 (Landsat-8 OLI/TIRS);
- 21.03.2019 (Landsat-8 OLI/TIRS);
- 28.09.2020 (Sentinel-2 MSI);
- 13.10.2020 (Sentinel-2 MSI);
- 08.10.2021 (Sentinel-2 MSI);
- 07.03.2022 (Sentinel-2 MSI).

Для более детального анализа болотных ландшафтов дополнительно привлечены снимки сверхвысокого разрешения сервиса Google Earth.

Интерпретация или дешифрирование аэрокосмических снимков располагает в настоящее время обширной специальной литературой, средствами, методами и опирается

на результаты полевого изучения ключевых участков и соответствующие им снимки-эталоны.

При дешифрировании болот оперируют прямыми дешифровочными признаками и косвенной индикацией, поэтому продуктивно изучать не отдельное болото, а весь его водосбор, где проявляются межландшафтные связи. Ландшафтный подход принят за основной. При сравнительном анализе с увеличением территориального охвата усиливается значение связей болот с окружающей средой в их интерпретации и познании, которые опираются на результаты изучения ключевых участков и снимков-эталонов.

Особенностью дешифрирования космических снимков является широкое использование карт, т. к. характерная для дешифрирования аэроснимков последовательность действий «местность – снимок – карта» заменяется схемой «карта – снимок – карта». Карта в процессе интерпретации имеет особое значение. Ее используют для привязки и ориентирования снимков, установления дешифровочных признаков объектов (первого этапа интерпретации), выявления динамики объектов и их характеристик по разновременным изданиям, а также для использования элементов содержания карты (гидрографии, рельефа, растительности) в качестве индикаторов внешнего и внутреннего строения изучаемых комплексов. Картографический метод исследования, опирающийся на материалы аэро- и космических съемок, позволяет установить их географическое положение, уточнить границы распространения, характер растительного покрова, рельефа. В методологическом отношении важно показать степень и результат взаимодействия болот с окружающей местностью, т. к. несмотря на их огромную средоформирующую роль приходится констатировать неотвратимое хозяйственное влияние на них, приводящее к постепенной деградации.

В целом исследование базируется на основах топографо-аэрокосмического и геоинформационного картографирования, анализе фундаментальных картографических произведений. Важную роль в создании специализированной карты играют отраслевые методы комплексного изучения болот:

- геологической разведки, направленной на получение характеристик торфяных и других органоминеральных отложений (гидро- и гидрогеологических, связанных с наблюдениями за режимом поверхностных и подземных вод);
- лесной таксации, обеспечивающей выявление параметров лесных ресурсов болот;
- геоботанических, направленных на инвентаризацию местных растительных сообществ.

Труднодоступность болотных угодий, как уже указывалось, ставит в приоритет использование дистанционных методов, в т. ч. при работе профильных организаций. Изучение разновременных космических снимков позволяет установить тенденции развития, трансформации болот при антропогенных воздействиях по параметрическим показателям основных индикаторов их состояния. Использование методов при создании карты представлено на рис. 1.

Выбор экспериментальных эталонов

Природное разнообразие болот очень велико, что обусловило их классификацию по разным критериям (основаниям) — условиям минерального питания, геоморфологическому положению, растительности, физико-химическим свойствам торфа, типам и генезису, включая разделение на континентальные (наземные) и морские.

Для оценки эффективности и особенностей использования аэро- и космической информации при разработке карты выбраны два эталона, представляющие типы континентальных и морских угодий, обладающих, с одной стороны, большим биосферным потенциалом в виде особо охраняемых территорий, а с другой — испытывающих исторически сложившиеся антропогенные воздействия.



Рис. 1. Методы создания специализированной карты
 Fig. 1. Methods for creating a specialized map

Уломское болото — верховое, расположено в междуречье рек Суды и Мологи в Вологодской обл., одно из крупнейших в Европе. На территории находится заказник «Отненский», виды растений и водно-болотных птиц, занесенные в Красные книги РФ и Вологодской обл. На площади массива имеются участки с различными видами хозяйственного использования. Многие ученые еще в начале XX в. считали, что по уникальности и масштабности биосферных функций экосистема Уломское болото должно подлежать охране целиком.

Биосферный резерват ЮНЕСКО «Кизлярский залив» — морское водно-болотное угодье Северного Каспия, сложный комплекс переходов между водными и сухопутными территориями. Имеет особое значение для сохранения разнообразия морских шельфовых и островных экосистем и популяций многих редких и исчезающих видов животных, пернатых и растений Северного Каспия, включая эндемичных.

Кроме того, что все болотные массивы по своей сущности представляют собой уникальные очень специфичные образования, некоторые из них, особенно ВБУ, отличаются своим особым миром, обязывающим к выбору особого подхода к интерпретации и адаптации методов дистанционного зондирования. Здесь необходима разработка комплексного подхода к методике дешифрирования аэро- и космических снимков в сочетании с приемами геоинформационного картографирования, при котором необходимо учесть и оценить:

1. Многолетние колебания уровня Каспийского моря (за 100 лет) на стадиях трансгрессии и регрессии.
2. Эпизодические штормовые сгонно-нагонные явления разной периодичности, разных размеров, высот и площадей наводнений (осушений), обуславливающие неопределенность положения береговой линии в связи с перемещениями (до 25 км²). Вместе с многолетними колебаниями уровня воды они затрудняют установление точных границ ВБУ.
3. Характер береговой зоны — плоский и мелководный с небольшими уклонами, испытывающей затопления (осушения) в связи с многолетними и сезонными колебаниями уровня моря.
4. Состояние мелководья в шельфовой полосе, для которого типичны тростниковые заросли, плесы, заводи, бухты, каналы.
5. Заращение акваторий водной растительностью, мутность воды, обусловленная распространением взвешенных веществ.

6. Влияние речного стока (опреснение, загрязнение воды).
7. Интенсивное судоходство.
8. Добыча нефти, сопровождающаяся сжиганием нефтяного газа на нефтяных платформах, провоцирующая аварийные ситуации и тепловые аномалии [Ежегодный..., 2021; Карыгина, 2021].
- 9.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Уломское болото

В процессе обработки информации по Уломскому болотному массиву акцент сделан на изучение динамики ландшафтов на участках торфодобычи в сравнении с территорией болота, отведенной для Отненского заказника. В связи с открытием крупных запасов торфа в начале 60-х гг. XX в. здесь начата их разработка, которая прекратилась только в 1997 г. За эти годы осушено 55 тыс. га. Впоследствии проводилась частичная рекультивация. Визуальный анализ спутниковых изображений позволил составить авторский оригинал карты болотного массива с дифференциацией его территории на 4 района разной степени нарушенности (рис. 2).



Рис. 2. Границы землепользований и антропогенного влияния
 Fig. 2. Boundaries of land use and anthropogenic influence

В каждом из районов выявлены изменения береговой линии, площадей водных объектов и состояния растительности по разновременным долговременным спутниковым наблюдениям с привлечением топографических карт, изданных 30 и более лет назад.

Динамика болотных озер установлена по водному индексу NDWI. Бинарная классификация изображений индекса на два класса (водные и неводные объекты) и последующая векторизация озер позволили определить изменение их площади и конфигурации береговой линии. Степень и направленность изменения состояния растительности оценена по значениям разности вегетационного индекса NDVI за 1989 и 2018 гг. Эксперименты показали большие контрасты в состоянии и метрических характеристиках динамики исследуемых объектов: в заказнике сохранилось стабильное состояние ландшафтов за прошедшие 40 лет, а на торфоразработках исследуемые объекты претерпели большие изменения.

В процессе исследований по разновременным синтезам теплового, коротковолнового и ближнего инфракрасного каналов зафиксированы очаги возгорания, направления распространения и площади пожаров, захвативших в то время большие территории (рис. 3).

Детальные исследования болота освещены в работах авторов [Иванова, 2021; Курбатова и др., 2021].

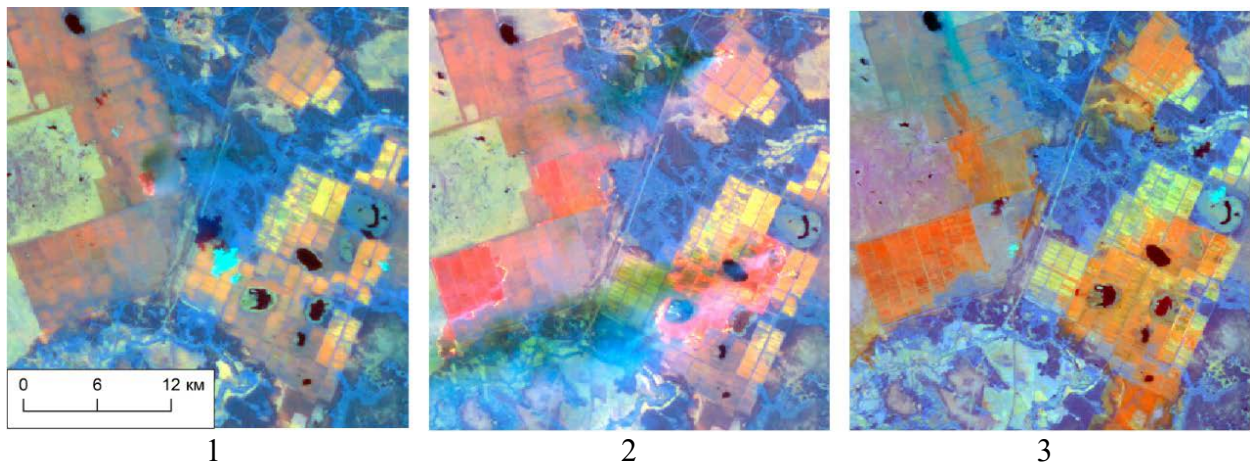


Рис. 3. Формирование и распространение торфяного пожара в диапазонах времени:
 1 — 01.07.1999 очаг возгорания (снимок Landsat-5 TM),
 2 — 01.08.1999 активный пожар (снимок Landsat-7 ETM+),
 3 — 02.09.1999 гари (снимок Landsat-5 TM), использованы синтезы каналов 6, 5, 4
 Fig. 3. Formation and spread of a peat fire in the time ranges: 1 — 01.07.1999 source of ignition (Landsat-5 TM image), 2 — 01.08.1999 active fire (Landsat-7 ETM+ image), 3 — 02.09.1999 burning (Landsat-5 TM image), synthesized bands 6, 5, 4

Биосферный резерват ЮНЕСКО «Кизлярский залив»

При исследовании Кизлярского залива:

1. Установлены изменения положений береговой линии Каспия при многолетних и эпизодических колебаниях его уровня, контролируемой классификацией спутниковых изображений с 1977 по 2021 гг. (Landsat-2, 5, 7, 8; Sentinel-2) методом опорных векторов.
2. Выявлены при анализе этих же материалов области интенсивного цветения воды, связанного с увеличением площадей концентрации хлорофилла *a* в акватории резервата в период с 2015 по 2021 гг., по индексу хлорофилла NDCI.
3. Зафиксированы местоположения факелов сжигания попутного газа и очаги теплового загрязнения в окрестностях нефтяных платформ по каналу в дальнем инфракрасном диапазоне спутника Landsat-8 OLI/TIRS.

В целом наблюдается нестабильность экологического состояния резервата, которая усугубляется постоянным увеличением антропогенной нагрузки. Детально методы и подходы исследования ВБУ рассмотрены в работе [Курбатова и др., 2022]. Особенности интерпретации снимков континентальных и морских ВБУ и адаптации методов, подчиненных отображению специфики болотных угодий, показаны на рис. 4.

В связи с разносторонностью взаимосвязей исследуемых угодий с окружающей средой ландшафтно-индикационный метод остается ядром исследований. Рассмотрим это на примере разработанных комплексов.

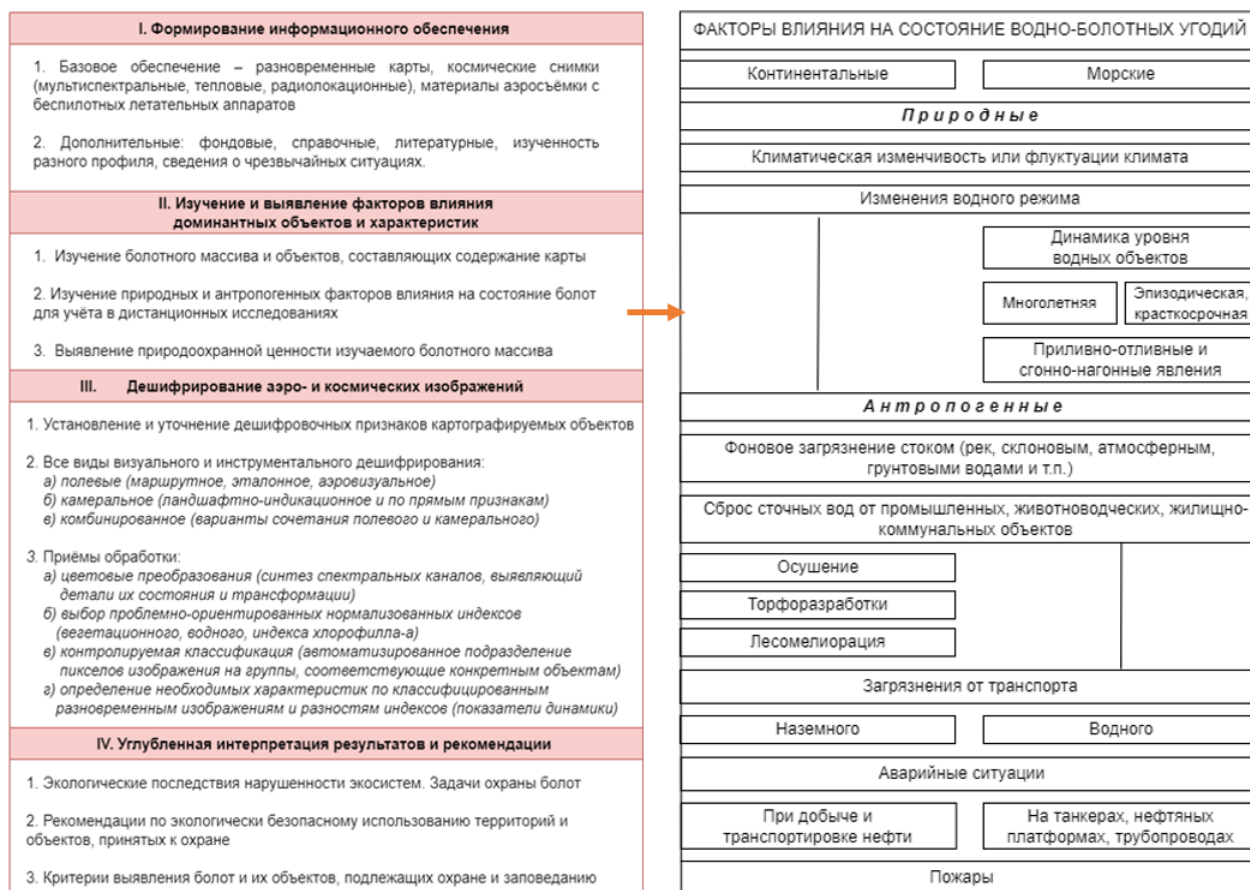


Рис. 4. Методические особенности и практические рекомендации по дистанционным исследованиям водно-болотных угодий
Fig. 4. Methodological features and practical recommendations for remote studies of wetlands

Болотные комплексы


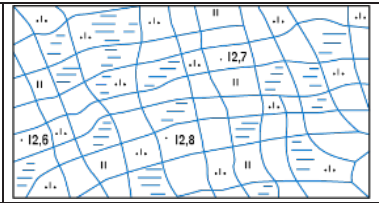
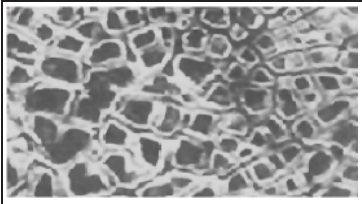
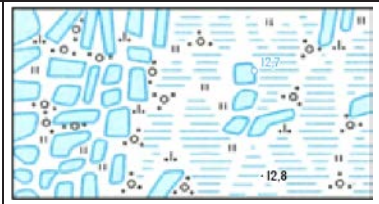
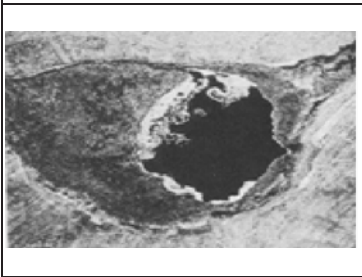
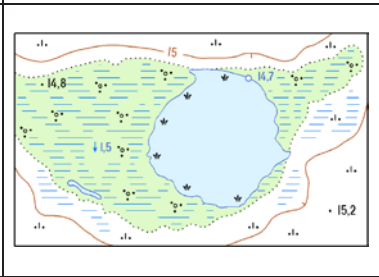
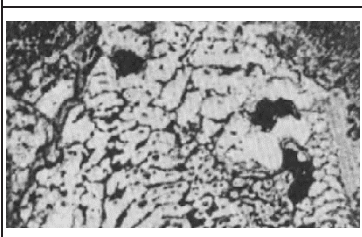
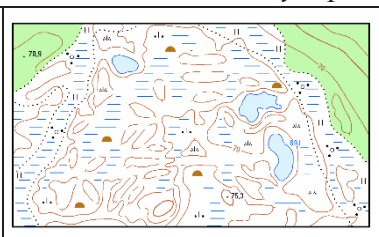


Кроме конкретно обозначенных репрезентативных территорий выявлена закономерность в распределении основных типов болот (низинные, верховые, переходные) в пределах широтных зон России, в большой степени определяемых распространением и характером растительного покрова. Типы болот представлены комплексами, установленными дешифровочными признаками и предлагаемыми картографическими изображениями.

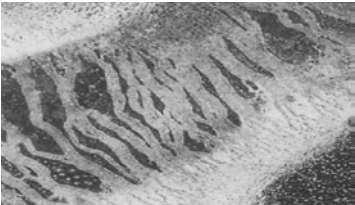
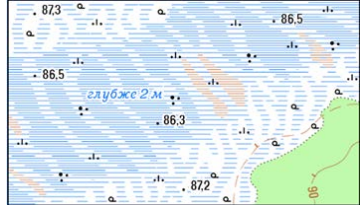

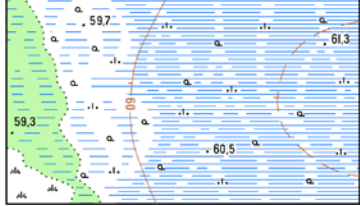





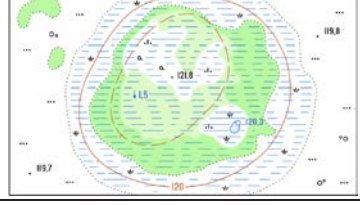

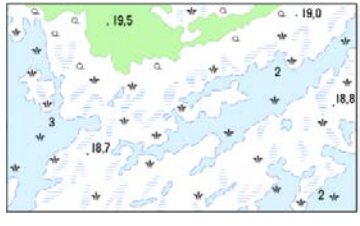
Аэро- и космические снимки позволяют передать на картах образ местности, используя такой дешифровочный признак, как особая геометрия рисунка на них, создаваемая рядом взаимосвязанных по местоположению объектов реальной местности, воплощая ее подобие.

Такова структура изображения, во многих случаях являющаяся выражением исторически сложившегося ландшафтного комплекса объектов, позволяющего судить о его генезисе.

На карте образ местности может быть передан определенно организованной системой условных знаков в сочетаниях, подчиненной показу доминирующих объектов, формирующих типичный облик болотного массива с его спецификой и региональными различиями. Примеры ландшафтных комплексов болот, их дешифровочные признаки и картографические изображения приведены в табл. 2.

Табл. 2. Болотные комплексы, их дешифровочные признаки и изображение на картах
Table 2. Swamp complexes, their decryption features and map samples

Аэро- и космические снимки	Изображение	Дешифровочные признаки
<i>Болотные комплексы арктической тундры</i>		
		Трещиновато-полигональные болота с моховой растительностью в приподнятых центральных частях и трещинами, заполненными водой между многоугольниками
		Полигоны с системой морозобойных трещин, разбивающих поверхность на многоугольники разной формы, заполненные водой (озерки). Валики с мохово-лишайниковой растительностью отображаются светло-серым тоном
		Болота на месте зарастающих озер. Четко распознаются по следам бывших береговых линий. Граница котловины выделяется невысоким береговым уступом. На первом плане зеркало воды с растительностью по краям, за ним — темно-серый тон заросшей части озерной котловины
<i>Болотные комплексы типичной тундры и северной лесотундры</i>		
		Плоскобугристые болота. Мозаичный рисунок создается комбинацией овальных, лопастных, округлых бугров. Преобладающий, почти белый тон на буграх — лишайники. Топкие участки в форме озер и линейные с осоковой растительностью — темный тон
		Крупнобугристые мохово-лишайниково-кустарничковые болота с озерами, не имеющими стока. Крупные бугры местами грядобразной формы, распознаются стереоскопически. Светлый тон на буграх — пятна песков (яреи)

Аэро- и космические снимки	Изображение	Дешифровочные признаки
		Болота типа аапа, слабоогнутые в центре, распознаются стереоскопически. Полосчатый рисунок в центральной части — сочетание светлых гряд и черных обводненных ложбин, местами с обнаженным торфом (темный тон светлее). Окраины плоские со мхом и угнетенным редколесьем (тон светло-серый)
<i>Болота средней тайги</i>		
		Для грядовых болот характерна полосчатая структура изображения. Моховая растительность с редкой порослью леса по грядам выражаются мелкозернистой структурой изображения.
<i>Болота южной тайги</i>		
		Выпуклые лесные болота. Дешифрируются стереоскопически и по округлой форме повышений. Характерны угнетенные карликовые древостои, которые по сравнению с высокими и сомкнутыми лесами отличаются мелкозернистой структурой и более светлым тоном
		Низинные гипново-лесные и травяные болота. На поверхность выходят и застаиваются грунтовые воды в виде понижений, на снимках — почти белого, гладкого тона. В центре — непроходимые болота (топи) вытянутой формы с влаголюбивой растительностью
<i>Болота лиственных лесов и лесостепей</i>		
		Выпуклые, изолированные участки болот округлой или неправильной формы проникшие в нехарактерную для них зону лесостепей (рямы). На снимках распознаются по темному тону и зернистой структуре
		Заболоченные поймы низовий рек, дельты, морские побережья с зарослями тростника, рогоза, а также другой прибрежно-водной растительности, образующей отдельные и слившиеся «сплавны» светлого тона округлой формы (плавни)

Авторский оригинал карты

Анализ представленных материалов, показывающих многолетний опыт, накопленный при картографировании болот на разных стадиях их изучения и освоения, переосмысление значения этих угодий (как сырьевого источника, к более углубленному пониманию, как экосистемы, играющей огромную роль в поддержании глобального круговорота веществ и энергии), позволили разработать концепцию специализированной топографической карты. Объектом картографирования в соответствии с концепцией принят уникальный ландшафт, включающий комплекс видимых компонентов местности (как на топографических картах универсального назначения) с их особой геохимической средой, связанной с образованием торфа. Изучение этого объекта (болот) предусмотрено в естественном и нарушенном состоянии. В связи с необходимостью сохранения и восстановления естественной биотической регуляции окружающей среды рассматривается охрана болот.

По результатам совокупности проведенных исследований создан авторский оригинал специализированной карты природоохранного типа, учитывающей требования к ее содержанию (рис. 5).

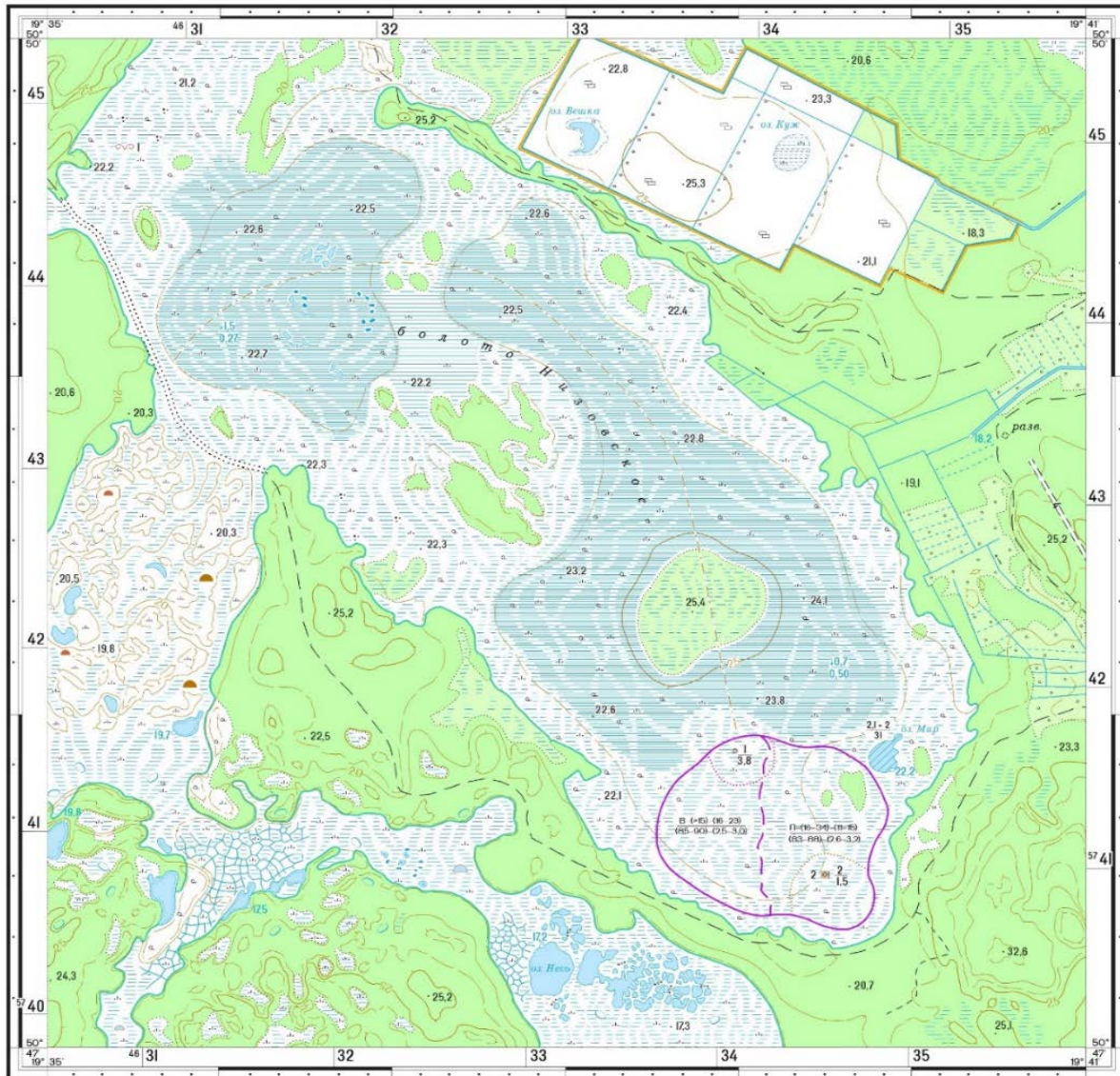
ВЫВОДЫ

Специализированные топографические карты начали создаваться в связи с резким возрастанием крупномасштабных съемок и их востребованностью разными отраслями экономики, особенно мелиорации, сельского хозяйства, геологической разведки. Они регламентировались дополнительными требованиями к содержанию карт в технических проектах на производство работ, предъявляемыми организациями-заказчиками. В 70-е гг. XX в. и позднее выполнены большие объемы съемок специализированного характера разного назначения, представляющие большой производственный опыт, который учитывался в последующих исследованиях. Затем появились более кондиционно научно разработанные типы специализированных карт, учитывающие требования отраслей экономики [Аникина, 1985; Байрамов, 1985; Криволапов, 2008; Баканова, 2021].

Специализированная карта природоохранного типа разработана впервые. По этому направлению опубликованы статьи авторов, освещающие различные аспекты картографирования в системе отношений «природа – общество» в целом и болот в частности, включая дистанционные методы их обработки. На них мы неоднократно ссылались по ходу изложения [Курбатова и др., 2021; 2022; Вережцака, Иванова, 2023].

Целью настоящей статьи было показать использование дистанционных методов — известных, но нуждающихся в адаптации применительно к решению природоохранных задач и разработке на этой основе карты природоохранного типа на примере болотных массивов. Для экспериментов выбраны две экосистемы, являющиеся одними из сложных и представляющих наземные и морские водно-болотные угодья.

Обычно понимание адаптации методов связано с разработкой технологических, технических приемов дешифрирования аэро- и космических снимков, создание инструментов ГИС, web-сервисов и т. п. В нашем случае адаптация выразилась в следовании познавательной концепции картографии. На основе глубокого анализа сущности и свойств изучаемых территорий (болот) устанавливаются доминирующие индикаторы и факторы, влияющие на них. С учетом выявленных связей и отношений территорий с окружающей средой выбираются средства и методы дистанционного зондирования (в нашем случае аэро- и космические снимки, виды дешифрирования, приемы обработки) для получения параметрических показателей оценки состояния болот, их саморазвития, динамики, трансформации при антропогенных воздействиях.



Условные обозначения

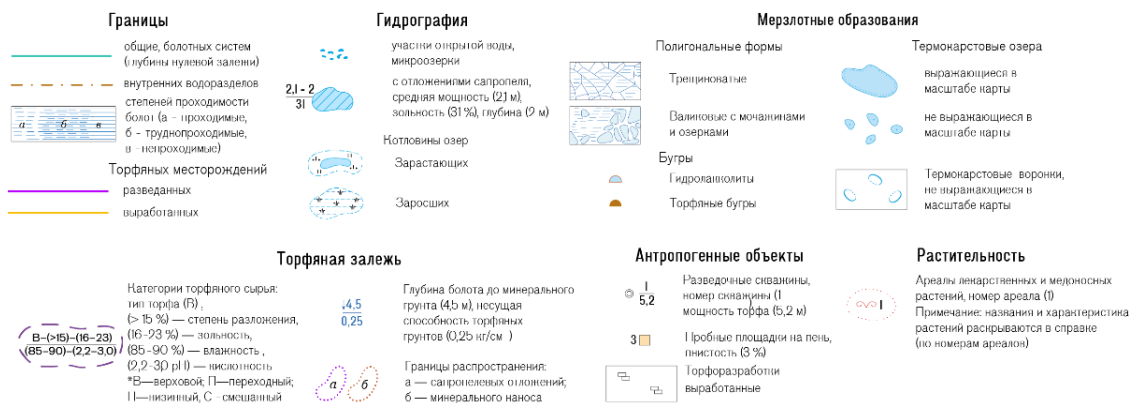


Рис. 5. Авторский оригинал специализированной топографической карты природоохранного назначения, м-б 1:25 000

Fig. 5. Specialized topographic map for environmental protection, scale 1:25 000

Из технологических решений авторами предложен инструмент ГИС, реализующий автоматизированное построение сетки направлений стекания болотных вод, обеспечиваю-

щей наглядность направлений и решение ряда прикладных задач, связанных с обоснованием способов освоения болот и инженерного проектирования. Так воссоздается реальный облик болот на местности в процессе составления карты. В иллюстрациях представлены типы болотных комплексов на снимках и картах, их характеристики, методические и практические рекомендации по исследованию болот дистанционными методами, а также окончательный результат — карта с учетом специализации содержания в соответствии с требованиями потребителей. Предполагается ее дополнение географической справкой, которая рассмотрена в работе [Верещачка, Иванова, 2023].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Аникина А. В.* Исследования по разработке содержания и методам создания специализированных топографических карт для лесного хозяйства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.24.03. Москва, 1985. 24 с.
- Атлас торфяных ресурсов СССР. М.: ГУГК, 1968. 96 с.
- Атлас Тюменской области. М.–Тюмень: ГУГК, 1971. Т. 1. 181 с.
- Атлас Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Т. II. Природа. Экология. Ханты-Мансийск–М.: Роскартография, 2004. 152 с.
- Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск: ОКФ, 2004. 303 с.
- Байрамов Р. В.* Разработка содержания и методов создания специализированных топографических карт и планов на районы месторождений нефти и газа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.24.03. М., 1985. 22 с.
- Баканова М. Ю.* Разработка специализированной топографической карты для обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации подземных хранилищ газа в отложениях каменной соли. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.00.33. М., 2021. 24 с.
- Верещачка Т. В., Иванова А. А.* Специализированная топографическая карта природоохранного назначения: концепция и система содержания (на примере болотных массивов). Геодезия и картография, 2023. № 7. С. 24–37.
- Верхояров Г. Н., Марков В. Д., Предтеченский А. В., Стеклов А. Н.* Инструкция по разведке озерных месторождений сапропеля РСФСР. М.: ПГО Торфгеология, 1988. 92 с.
- Вомперский С. Э., Сирин А. А., Цыганова О. П., Валяева Н. А., Майков Д. А.* Болота и заболоченные земли России: попытка анализа пространственного распределения и разнообразия. Известия РАН. Серия географическая, 2005. № 5. С. 39–50.
- Ежегодный бюллетень о состоянии и загрязнении морской среды российского сектора Каспийского моря за 2020 г. Росгидромет, ФГБУ «КаспМНИЦ», 2021. 62 с.
- Иванова А. А.* Выявление очагов пожаров на антропогенно нарушенных болотных массивах по многозональным космическим изображениям. Материалы конференции XI Галкинские чтения. СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2021. С. 68–70.
- Инструкция по дешифрованию аэрофотоснимков и фотопланов в масштабах 1:10 000 и 1:25 000 для целей землеустройства, государственного учета земель и земельного кадастра: Утверждено Министерством сельского хозяйства СССР. М., 1978. 142 с.
- Карта торфяных месторождений Бурятской АССР. Министерство геологии СССР, Произведено геологическим объединением «Торфгеология», составлено ПГО «Торфгеология». М.: Центргеология, 1989. М-б 1:1 500 000. 1 к. (2 л.).

Карта торфяных месторождений Карельской АССР. Министерство геологии СССР, Произведено геологическим объединением «Торфгеология»; составлено ПГО «Торфгеология». М.: Центр геология, 1977. М-б 1:1 500 000. 1 к. (2 л.).

Карыгина Н. В. О содержании алифатических углеводов в водах Северного Каспия. Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений. Материалы VIII научно-практической конференции с международным участием, Астрахань, 22.10.2021. Астрахань: Волжско-Каспийский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», 2021. С. 135–143.

Король Н. Т., Марков В. Д., Предтеченский А. В., Синадский А. А., Стеклов Н. А. Инструкция по разведке торфяных месторождений СССР. М.: ПГО Торфгеология, 1983. 178 с.

Криволапов В. А. Разработка типа специализированной топографической карты гидроэкологического назначения и технологии ее создания. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 25.00.33. Москва, 2008. 24 с.

Курбатова И. Е., Верещака Т. В., Иванова А. А. Космический мониторинг трансформации болотных ландшафтов в условиях антропогенных воздействий. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2021. Т. 18. № 4. С. 216–227.

Курбатова И. Е., Верещака Т. В., Иванова А. А. Спутниковый мониторинг экологического состояния особо охраняемых территорий Северного Каспия на примере биосферного резервата ЮНЕСКО «Кизлярский залив». Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2022. Т. 19. № 4. С. 249–264.

Методические рекомендации по использованию торфа в нижней части насыпи при строительстве автомобильных дорог на болотах. Министерство транспортного строительства СССР. Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт «СоюзДорНИИ». М., 1973. 30 с.

Национальный атлас России: в четырех томах. Т. 2: Природа и экология. Москва: Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии, 2007. 367 с.

Перечень карт и чертежей к Очерку работ Западной экспедиции по осушению болот (1873–1898). СПб.: 1899. 77 л.

План Осеченского торфяного болота, расположенного в даче генерального межевания под названием дер. Терелесово с деревьями. Лит. Т–70, Тверской губернии Вышневолоцкого уезда, на землях Гослесфонда Осеченской лесной дачи Вышневолоцкого Уездного Лесхоза. М-б 1:10 000. М.: 1928. 1 л.

План торфяного болота «Петровско-Оршинский Мох» Тверской губернии и уезда с горизонталями дна, и поверхности. М-б 1:42 000. М.: Сваричевский, 1926. 1 л.

Природные ресурсы Калининской области: болота и заболоченные земли. М.: ГУГК СССР, 1989. М-б 1:500 000. 1 к.

Типологическая карта болот Западно-Сибирской равнины. М.: ГУГК, 1977. М-б 1:2 500 000. 1 л.

Национальный атлас Беларуси. Минск: Белкартаграфія, 2002. 292 с.

Atlas över Skärgårds. Finland Saaristo-Suomen Kartasto. Atlas of the Archipelago of Southwestern Finland. Helsingfors, 1960. 28 p.

Lietuvos nacionalinis atlasas. V. 1. Vilnius: Nacionalinė Žemės Tarnyba Prie Žemės Ūkio Ministerijos; Vilniaus Universitetas, 2016. 141 p. (in Lithuanian).

Davidson N. C., Fluet-Chouinard E., Finlayson C. M. Global Extent and Distribution of Wetlands: Trends and Issues. Marine and Freshwater Research, 2018. No. 69. P. 620–627. DOI: 10.1071/MF17019.

Okefenokee Swamp Vegetation Map. Athens, 1980. Scale 1:84 500. 1 map.

The National Atlas of Canada. Department of Energy, Mines and Resources. 5th ed. Ottawa, 1985. 1 atlas.

REFERENCES

Anikina A. V. Research on the Development of the Content and Methods of Creating Specialized Topographic Maps for Forestry. Author's abstract of the dissertation for PhD of Technical Sciences: 05.24.03. Moscow, 1985. 24 p. (in Russian).

Annual Bulletin on the State and Pollution of the Marine Environment of the Russian Sector of the Caspian Sea for 2020. Rosgidromet, KASPMNITZ, 2021. 62 p. (in Russian).

Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug — Yugra. V. II. Nature. Ecology. Khanty-Mansiysk–Moscow: Roscartography, 2004. 152 p. (in Russian).

Atlas of peat resources of the USSR. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography (MDGC), 1968. 96 p. (in Russian).

Atlas of the Tyumen Oblast. Moscow–Tyumen: Main Directorate of Geodesy and Cartography (MDGC), 1971. V. 1. 181 p. (in Russian).

Atlas of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. Omsk: FSUE OKF, 2004. 303 p. (in Russian).

Atlas över Skärgårds. Finland Saaristo-Suomen Kartasto. Atlas of the Archipelago of South-western Finland. Helsingfors, 1960. 28 p.

Bakanova M. Y. Development of a Specialized Topographic Map for the Design, Construction and Operation of Underground Gas Storage Facilities in Rock Salt Deposits. Author's abstract of the dissertation for PhD of Technical Sciences: 25.00.33. Moscow, 2021. 24 p. (in Russian).

Bayramov R. V. Development of the Content and Methods of Creating Specialized Topographic Maps and Plans for Areas of Oil and Gas Fields. Author's abstract of the dissertation for PhD of Technical Sciences: 05.24.03. Moscow, 1985. 22 p. (in Russian).

Davidson N. C., Fluet-Chouinard E., Finlayson C. M. Global Extent and Distribution of Wetlands: Trends and Issues. *Marine and Freshwater Research*, 2018. No. 69. P. 620–627. DOI: 10.1071/MF17019.

Instructions for Interpretation Aerial Photographs and Photo Plans on Scales of 1:10 000 and 1:25 000 for the Purposes of Land Management, State Land Registration and Land Cadastre: Approved by the Ministry of Agriculture of the USSR. Moscow, 1978. 142 p. (in Russian).

Ivanova A. A. Identification of Fire Foci in Anthropogenic Disturbed Swamp Areas from Multi-Zone Satellite Images. Proceedings of the XI Galkin Readings Conference. St. Petersburg: Publishing house of SPbSETU “LETI”, 2021. P. 68–70 (in Russian).

Karygina N. V. On the Content of Aliphatic Hydrocarbons in the Waters of the Northern Caspian Sea. Problems of Preserving the Ecosystem of the Caspian Sea in the Context of the Development of Oil and Gas Fields. Proceedings of the VIII Scientific and Practical Conference with International Participation, Astrakhan, 10.22.2021. Astrakhan: Volga-Caspian Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography”, 2021. P. 135–143 (in Russian).

Korol N. T., Markov V. D., Predtechensky A. V., Sinadsky A. A., Steklov N. A. Instructions for Exploration of Peat Deposits of the USSR. Moscow: Torfgeologiya, 1983. 178 p. (in Russian).

Krivolapov V. A. Development of a Type of Specialized Topographic Map for Hydroecological Purposes and Technology for its Creation. Author's abstract of the dissertation for PhD of Technical Sciences: 25.00.33. Moscow, 2008. 24 p. (in Russian).

Kurbatova I. E., Vereshchaka T. V., Ivanova A. A. Space Monitoring of the Transformation of Swamp Landscapes Under Anthropogenic Influences. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 2021. V. 18. No. 4. P. 216–227 (in Russian).

Kurbatova I. E., Vereshchaka T. V., Ivanova A. A. Satellite Monitoring of the Ecological Status of Specially Protected Areas of the Northern Caspian Sea on the Example of the UNESCO Kizlyar Bay Biosphere Reserve. *Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space*, 2022. V. 19. No. 4. P. 249–264 (in Russian).

List of Maps and Drawings for an Outline of the Work of the Western Expedition to Drain the Swamps (1873–1898). St. Petersburg, 1899 (in Russian).

Map of Peat Deposits of the Buryat ASSR. The Ministry of Geology of the USSR. Moscow: Tsentrgeologiya, 1989. Scale 1:1 500 000 (in Russian). 1 map (2 sheets).

Map of Peat Deposits of the Karelian ASSR. The Ministry of Geology of the USSR, Moscow: Tsentrgeologiya, 1977. Scale 1:1 500 000 (in Russian). 1 map (2 sheets).

Methodological Recommendations on the Use of Peat in the Lower Part of the Embankment During the Construction of Highways in Swamps. Ministry of Transport of the USSR. Moscow, 1973. 30 p. (in Russian).

The National Atlas of Belarus. Minsk: Belkartografiya, 2002. 292 p. (in Belarusian).

The National Atlas of Canada. Department of Energy, Mines and Resources. 5th ed. Ottawa, 1985. 1 atlas.

National Atlas of Lithuania. V. 1. Vilnius: National Land Service Under the Ministry of Agri-culture: Vilnius University, 2016. 141 p. (in Lithuanian).

The National Atlas of Russia: In four volumes. V. 2: Nature and Ecology. Moscow: Federal Service of State Registration, Cadastre and Cartography, 2007. 367 p. (in Russian).

Natural Resources of the Kalinin Region: Swamps and Wetlands. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography (MDGC), 1989. Scale 1:500 000. 1 map (in Russian).

Okefenokee Swamp Vegetation Map. Athens, 1980. Scale 1:84 500. 1 map.

The Plan of the Osechensk Peat Bog, Located in the Cottage of the General Land Survey Called the Village. Teresovo with villages, Tver Province, Vyshnevolotsky District, on the lands of the State Forestry Fund of the Osechenskaya Forest Cottage of the Vyshnevolotsky District Forestry. Scale 1:10 000. Moscow, 1928. 1 sheet (in Russian).

The Plan of the Peat Bog “Petrovsko-Orshinsky Moss” of the Tver Province and the County with the Horizontals of the Bottom and Surface. Scale 1:42 000. Moscow: Svarichevsky, 1926. 1 sheet (in Russian).

Typological Map of the Swamps of the West Siberian Plain. Moscow: Main Directorate of Geodesy and Cartography (MDGC), 1977. Scale 1:2 500 000. 1 sheet (in Russian).

Vereshchaka T. V., Ivanova A. A. Specialized Topographic Map of Environmental Protection: Concept and Content System. *Geodesy and cartography*, 2023. No. 7. P. 24–37 (in Russian).

Verkhoyarov G. N., Markov V. D., Predtechenskiy A. V., Steklov A. N. Instructions for Exploration of Lake Sapropel Deposits of the RSFSR. Moscow: Torfgeologiya, 1988. 92 p. (in Russian).

Vompersky S. E., Sirin A. A., Tsyganova O. P., Valyaeva N. A., Maikov D. A. Swamps and Wetlands of Russia: An Attempt to Analyze Spatial Distribution and Diversity. *Izvestia RAN. Seriya Geograficheskaya* (News of the Russian Academy of Sciences. Geographical Series), 2005. No. 5. P. 39–50 (in Russian).