УДК 639.1.053

Е.Е. Лукашик, А.С. Алексеев

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТИРОВАНИЕ И ТИПОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОХОТНИЧЬИХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Введение. Охотничье хозяйство России является по праву одной из важнейших традиционных форм природопользования и на сегодняшний день как отрасль экономики и деятельности людей направлено на сохранение и использование охотничьих ресурсов и среды их обитания. С середины XX века и до 80-х годов XX века охотничье хозяйство нашей страны прошло путь становления и развития в связи с увеличением подготовки охотоведов, экспортных закупочных цен на пушную продукцию, созданием государственного управленческого аппарата и приносило до четвертой части доходов государства, обеспечивая при этом рабочие места, охрану окружающей среды и статус ведущей «пушной державы» [Винобер, 2019; Мельников и др., 2007]. Далее охотничье хозяйство претерпевало упадок, как в организационно-управленческой части, так и в части нормативно-правового регулирования, что стало сдерживать и ограничивать экономический рост и развитие отрасли.

В 2009 году был принят Федеральный закон № 209-ФЗ «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», определяющий основные положения и принципы регулирования охотничьей деятельности, в том числе основные мероприятия по сохранению охотничьих ресурсов и среды их обитания. В число таких мероприятий входит Государственный мониторинг охотничьих ресурсов и среды их обитания (далее – Государственный мониторинг). Государственный мониторинг представляет собой систематические наблюдения за состоянием популяций животных, отнесенных к охотничьим ресурсам: за их численностью, распространением, объемами изъятия их из естественной среды обитания, а также наблюдения за состоянием самой среды обитания охотничьих ресурсов. Структура данной системы наблюдений отражена в Приказе Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.07.2021 г.

№ 512 «Порядок осуществления государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания и применения его данных».

Пункт 3.5 Приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27.07.2021 г. №512 гласит о том, что при осуществлении Государственного мониторинга охотничьих ресурсов и среды их обитания не реже одного раза в 10 лет проводится оценка элементов среды обитания охотничьих ресурсов с формированием достоверных сведений о распределении площадей охотничьих угодий на категории и классы среды обитания как в границах охотничьих хозяйств, так и по субъектам Российской Федерации в целом. Сведения, полученные в результате оценки элементов среды обитания охотничьих ресурсов, являются основой для формирования региональных Схем размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации в части определения размещения категорий и классов среды обитания охотничьих ресурсов, их площадных характеристик, а далее – для определения площадей угодий, свойственных определенному виду охотничьего животного, и расчета класса бонитета данного охотничьего угодья [Греков, 2021; Смирнов, 2022].

Важность осуществления Государственного мониторинга подчеркнута в «Стратегии развития охотничьего хозяйства в Российской Федерации до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 3 июля 2014 г. №1216-р; отмечается, что Государственный мониторинг является инструментом формирования устойчивого и рационального использования охотничьих ресурсов, а также инструментом для сохранения среды обитания охотничьих ресурсов и их биологического разнообразия. Ряд авторов [Цындыжапова и др., 2021; Мышляков, 2013; Греков, 2018] отмечает, что при решении задач повышения информационной и научной обеспеченности охотничьего хозяйства, предусмотренных Стратегий развития охотничьего хозяйства в Российской Федерации до 2030 года, наиболее действенным является инвентаризация современного состояния среды обитания охотничьих животных на единой методологической основе, в том числе при проведении мониторинга с применением данных дистанционного зондирования поверхности Земли, аэрофотосъемки охотничьих ландшафтов и геоинформационного анализа. Однако при мониторинге, анализе и типологической оценке охотничьих угодий с применением данных дистанционного зондирования Земли ДЗЗ и геоинформационных систем (ГИС) в недостаточной мере решены вопросы методики дешифрирования и автоматизированной классификации территории угодий с привязкой к элементам среды обитания охотничьих ресурсов.

Объект и методика исследования. Материалами для исследования являются научные публикации отечественных и зарубежных авторов по теме применения данных дистанционного зондирования Земли (данных ДЗЗ) и ГИС технологий в практике охотничьего и лесоохотничьего хозяйств. В ходе исследования проведен анализ наиболее актуальных методов обработки и алгоритмов компьютерного анализа данных ДЗЗ, применимых для геоинформационного картирования и типологической оценки охотничьих угодий.

Объектом исследования для апробации рассмотренных методов геоинформационного картирования и типологической оценки охотничьих угодий является охотничье хозяйство НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок №2) Маловишерского муниципального района Новгородской области. Обработка геопространственной информации проводилась с применением общепринятых методов геоинформатики [Борзов и др., 2016; Бучнев, Пяткин, 2017; Шихов и др., 2020; Алексеев, 2022; Черниховский, 2022] и учетом требований ГОСТ Р 50828-95 Геоинформационное картографирование. Пространственные данные, цифровые и электронные карты. Общие требования.

Современные методы мониторинга, оценки состояния лесных ландшафтов и инвентаризации лесов с применением дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий представлены в научных трудах профессоров: В.И. Сухих, Е.А. Лупяна, А.В. Любимова, В.А. Малинникова, А.С. Алексеева, Д.М. Черниховского, а также Р.В. Котельникова, В.П. Саворского [Сухих, 2005; Малинников, 2006; Лупян и др., 2015; Алексеев и др., 2017; Саворский и др., 2017; Любимов и др., 2018]. Указанными авторами рассматриваются различные вопросы, касающиеся методик применения ДЗЗ и геоинформационных систем в определении таксационных показателей лесных насаждений, экологической оценки состояния лесов под воздействием антропогенных факторов дистанционными методами, автоматизированной классификации данных спутниковой съемки для формирования тематических карт.

Неотъемлемой частью изучения ландшафтов и мониторинга их состояния с помощью данных дистанционного зондирования Земли является дешифрирование и автоматизированная классификация растровых изображений. Инструментами дешифрирования являются различные программные средства обработки данных дистанционного зондирования Земли, а результат напрямую зависит от используемых методик [Али и др., 2020; Фан и др., 2021]. В основном методы классификации основываются на пиксельной классификации изображений (pixel-based classification – PBC), полученных с помощью спутниковой съемки и аэрофотосъемки

в различных оптических диапазонах. Чаще всего в данном случае применяется классификация, основанная на максимальном правдоподобии. Такая классификация может быть проведена с обучением или без обучения, а также может сочетать оба метода сразу. Для того, чтобы преодолеть ограниченность применения только спектральной информации с изображений, полученных при помощи дистанционного зондирования Земли, возможно использовать классификацию, которая основывается на объектах и сегментах в целом, а не только на отдельных пикселах. Речь идет об объектной классификации (object-based classification – OBC), которая основывается на формировании иерархической сети объектов, являющихся однородными, с учетом границ признаков классификации. В процессе сегментации учитываются различные типы данных на всем изображении, включая как значения пикселей, так и контекстную информацию, особенности размещения объектов и взаимосвязи между ними [Whiteside et al., 2011].

Основанная на пикселях классификация управляемых изображений определяет класс каждого пикселя изображения путём сравнения n-мерного вектора данных пикселя с вектором модели для каждого класса. Как правило, векторы данных состоят из пикселей со значениями серого уровня из мультиспектральных каналов. Классификация максимального правдоподобия является наиболее широко используемым методом для пиксельной классификации.

Объектный метод принимает во внимание форму, текстуру и спектральную информацию. Классификация по данному методу начинается с важнейшего первого шага группировки соседних пикселей в области, которые затем могут быть использованы на стадии классификации после. Объектный метод классификации не может напрямую работать с отдельными пикселями, но может быть использован для создания однородных объектов изображения через процесс сегментации [Yang et al., 2009; Xin Pan et al., 2021]. При этом сегментация изображения определяется как идентификация однородных признаков на изображении, на основе полученного идентификатора, и производится последующая классификация сегментов в рамках изображения дистанционного зондирования. Существуют два вида принципов сегментации: нисходящий и восходящий. Нисходящая сегментация включает в себя разделение крупного региона на более мелкие части, в то время как восходящая сегментация предполагает интеграцию мелких элементов в более крупные.

В течение последнего десятилетия описано довольно большое количество методик ландшафтных исследований, в которых применяются так

называемые ландшафтные индексы (метрики). Данные индексы, рассчитанные с помощью алгоритмов, реализованных в программном обеспечении ГИС, основываются на пространственной информации в форме векторных топографических карт, тематических карт или других картографических материалов в области лесного, сельского хозяйства, землепользования и характеристики земного покрова (Land Use and Land Cover – LULC) [Усова, 2007; Украинский и др., 2017]. При этом ландшафтные индексы могут быть определены при векторизации растровых карт на основе таких характеристик элементов ландшафтов, как структура, форма и фрагментация.

Для расчета вышеобозначенных характеристик используются такие показатели, как общая площадь ландшафтов, общее количество контуров в границах ландшафта, их периметр, индексы среднего расстояния между контурами. Они отражают различные особенности ландшафта, прежде всего его состав, структуру и пространственную конфигурацию, а также позволяют на основе многовременных рядов геоданных определять динамику изменений, происходящих в анализируемом ландшафте при появлении новых элементов ландшафта в результате его фрагментации или полного исчезновения таких элементов. Полученные таким образом ландшафтные индексы могут быть использованы при объектно-ориентированной автоматизированной классификации ландшафтов на основе данных дистанционного зондирования Земли.

Для классификации ландшафтов с применением метода максимального правдоподобия в большей мере подходят получаемые индексы на основе определяемых спектральных коэффициентов яркости природных и антропогенных объектов в результате анализа многозональной аэрокосмической съемки [Елсаков и др., 2005; Братков и др., 2016].

Опыт применения данных дистанционного зондирования Земли в проведении охотустроительных работ отражен в публикациях Е.В. Самсонова, П.В. Царева, С.Д. Цындыжаповой [Самсонов и др., 2017; Царев и др., 2020; Цындыжапова и др., 2021]. Авторы отмечают, что применение методов классификации мультиспектральных спутниковых снимков позволяет решать задачи по типологической классификации охотничьих угодий с минимизацией трудовых и финансовых затрат в сравнении с традиционными формами проведения охотустроительных работ и наземными обследованиями значительных по площади территорий. Данные мультиспектральной спутниковой съемки с достаточной степенью достоверности отражают многообразие форм ландшафтов, в том числе антропогенно-измененных, таких как агроценозы, карьеры, населенные пункты, а также свойства растительности и водных объектов.

Изучение зарубежных научных трудов по теме типологической классификации охотничьих угодий с применением данных дистанционного зондирования Земли [Radeloff et al., 1999; Gerrard et al., 2001; Clevenger et al., 2002; Chan-Ryul & Woo-Shin, 2003; Suchant et al., 2003; Kunovac & Omanović, 2012] показало, что данные ДЗЗ и геоинформационные системы стали важнейшими инструментами оценки пригодности и качества местообитаний охотничьих ресурсов. В статьях отечественных и зарубежных исследователей довольно часто упоминаются преимущества использования значений нормализованного разностного индекса растительности (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) с целью определения динамики развития растительности в какой-либо вегетационный период, а также для оперативного определения санитарного состояния растительности и прогнозирования ее развития, смены одних растительных сообществ на другие и т. д. Индекс может быть использован также для прогнозирования распространения охотничьих ресурсов в зимний период года. В данном случае нормализованный разностный индекс растительности (NDVI) является показателем территориального размещения и использования животными кормовых и защитных участков в зависимости от времени года [Pettorelli et al., 2007; Hamel et al., 2009; Jaskula et al., 2018]. Комплексное применение таких данных дистанционного зондирования Земли, как цифровые модели рельефа и цифровые модели местности (ЦМР и ЦММ), а также плотные облака точек, полученные с помощью лидарной съемки, позволяют с большей точностью выявлять ландшафтные особенности, определяющие уровень защитных и кормовых свойств охотничьих угодий [Grzegorz et al., 2020]. Однако данные методы в большей степени подходят для обследования небольших площадей или определения эталонных участков с дальнейшей обучаемой классификацией спутниковых снимков.

Результаты исследования. Ведение охотничьего хозяйства в значительной степени связано с лесным хозяйством и лесопользованием. В связи с этим, многие методики применения данных дистанционного зондирования Земли в охотустроительных работах, отраженные в рассмотренных публикациях авторов, также актуальны и для оценки состояния охотничьих угодий. Однако существенные различия в подходах к выделению различных ландшафтов, отличных от лесных – категорий мест обитания охотничьих угодий (водные объекты, пойменные комплексы, сельхозугодья и др.) требуют иного методологического подхода к применению и обработке данных дистанционного зондирования Земли.

Исследования по изучению возможностей геоинформационного картирования и типологической оценки местообитаний на основе данных дистанционного зондирования Земли проводились в условиях охотничьего хозяйства НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок №2), расположенного в юго-восточной части Маловишерского муниципального района Новгородской области. Протяженность охотничьего угодья с запада на восток составляет около 10 км, с севера на юг – около 15 км; общая площадь участка составляет 7,627 тыс. га. Далее приведена характеристика почвенных и гидрологических условий исследуемого охотничьего хозяйства.

Высота поверхности над уровнем моря в восточной части охотничьего хозяйства колеблется от 70 до 110 метров. Основная часть исследуемой территории характеризуется неоднородностью рельефа с неравномерным размещением почвообразующих материнских пород, которое обусловливает разнообразие почв.

Развитию подзолистого и болотного процессов почвообразования способствует значительное годовое количество осадков и слабое испарение; значительное распространение имеют почвы избыточного увлажнения и болота. Основной водной артерией на территории хозяйства является река Мста, одновременно являющейся западной границей хозяйства. Протяженность р. Мста в границах исследуемого хозяйства составляет 16 км, ширина 50–70 м. Весенние разливы р. Мста формируют пойменные комплексы и привлекают значительное количество пролетной водоплавающей дичи. По гидрологическому режиму данная река относится к восточно-европейскому типу с преимущественно снеговым питанием с характерным высоким уровнем половодья и низкой летней межени и устойчивой зимней меженью [Дмитрук и др., 2009]. Площадь половодья р. Мста на территории охотничьего хозяйства невелика ввиду высокого берега реки.

Другими основными водотоками на территории охотничьего хозяйства является р. Веребушка (ширина – 5–8 м, глубина – 1,8–2,0 м) с притоками и менее значимые мелкие реки и ручьи. Характерной чертой рек является извилистость русла, порожистость и атмосферное питание. Озера на территории охотничьего хозяйства не представлены.

Территория охотничьего хозяйства НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок № 2) расположена на стыке подзоны южной тайги и зоны хвойно-широколиственных лесов. В настоящее время коренные леса в значительной степени вырублены, на их месте формируются вторичные мелколиственные леса – березовые и осиновые.

При проведении охотустроительных работ выполняется типологическая классификация охотничьих угодий и комплексная качественная оцен-

ка элементов среды обитания охотничьих ресурсов на территории охотничьих угодий, при этом учитываются антропогенные, биотехнические и абиотические факторы, оказывающие влияние на распространение популяций охотничьих животных и их жизнедеятельность.

Типологическая классификация элементов среды обитания охотничьих ресурсов на территории охотничьего хозяйства НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок №2) проводилась с учетом требований действующего Приказа Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 31 августа 2010 года №335 (с изменениями на 29 августа 2018 года) «Об утверждении порядка составления схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории субъекта Российской Федерации, а также требований к ее составу и структуре». Типологическая классификация и геоинформационное картографирование основывалась на методе комплексного использования алгоритмов автоматизированной классификации спутниковых снимков и материалов лесоустройства с дальнейшей постобработкой получаемых данных в геоинформационной системе.

Для автоматизированной классификации были выбраны снимки с искусственного спутника Земли Sentinel-2 L2A с проведенной атмосферной коррекцией через сервис Sentinel Hub EO Browser. Дата съемки – весенний период 23.05.2022 г. и летний период 29.06.2022 г., облачность от 1,0 до 2,0% на квадрат съемки 36VVL MGRS location, координаты центра объекта исследования 58.54691151°, 32.54430744°, пространственное разрешение – 10 м/пикс. Была принята следующая комбинация каналов спутникового снимка: B08 (ближний инфракрасный – БИК), B04 (красный – К), B02 (зеленый – З). Интерпретация комбинаций каналов и дешифрирование спутниковых снимков основывались на данных, представленных на портале «Географические информационные системы и дистанционное зондирование GIS-Lab» (https://gis-lab.info/), а также в литературных источниках [Шихов и др., 2020].

Синтез каналов БИК, К, З аддитивным способом создает изображение с так называемой «ложной цветопередачей». Такой вариант синтеза в основном применяется для изучения состояния растительного покрова, как древесного, так и травянистого, в том числе и сельскохозяйственных культур. Хвойные лесные насаждения на спутниковых снимках отображаются темно-красным цветом с оттенком коричневого, лиственные и смешанные леса с преобладанием лиственных пород отображаются более ярким красным цветом. Кустарники и травянистая растительность имеет ярко красный, алый цвет. Однако данная комбинация каналов также хорошо подходит для дешифрирования водных объектов, отображаемых черным цветом,

и элементов открытой почвы (например, незасеянные пашни), городской застройки, асфальтированных автомобильных дорог и железнодорожных путей, отображаемых в зелено-голубом цвете с оттенками коричневого.

Пойменные комплексы на территории объекта исследования выделялись путем создания временного композита из спутникового снимка весеннего периода 23.05.2022 г. во время высокого уровня воды в реках и затопления пойм и спутникового снимка летнего периода 29.06.2022 г. во время спада уровня воды в реках и усыхания пойм и устьев.

Для автоматизированной классификации спутникового снимка подбирались эталонные участки (не менее 3–5 на каждый из классифицируемых элементов среды обитания охотничьих ресурсов) на основе данных лесоустройства, формируемых через средства реализации запросов программного комплекса WinPLP с создаваемыми условиями отбора информации через функции для учета таких показателей, как доля хвойных или лиственных пород, высоты деревьев (для молодняков), наличия верховых, низинных болот, гарей, ветровалов и вырубок на территории лесного фонда. Дешифрирование и отбор эталонных участков по землям, не входящим в лесной фонд (населенные пункты, сельскохозяйственные земли, внутренние водные объекты, карьеры, рудеральные территории), осуществлялись по спутниковым снимкам высокого разрешения сервиса Google Earth с датой съемки 05.06.2019 г. с пространственным разрешением 2 м в программном обеспечении SAS.Planet [Зенкин, 2012].

В качестве инструмента классификации спутникового снимка был выбран плагин QGis dzetsaka: Classification tool (https://plugins.qgis.org/plugins/dzetsaka/) с алгоритмом классификации по модели смеси Гауссовских распределений Gaussian Mixture Model (GMM). После выполненной классификации полученная растровая тематическая карта с отображением элементов среды обитания охотничьих ресурсов была векторизована для определения площадей. Далее была выполнена постобработка векторной тематической карты элементов среды обитания охотничьих ресурсов для уточнения границ элементов, приведения тематической карты к виду, пригодному для практического использования и повышения ее наглядности.

В связи с тем, что на территории исследуемого охотничьего хозяйства в большей степени представлены элементы среды обитания охотничьих животных, относящиеся к землям лесного фонда, контроль достоверности полученных данных о площадях осуществлялся на основе материалов лесоустройства и планов лесных насаждений Маловишерского лесничества Веребьинского уч. лесничества. Результаты представлены в таблице и на рисунке.

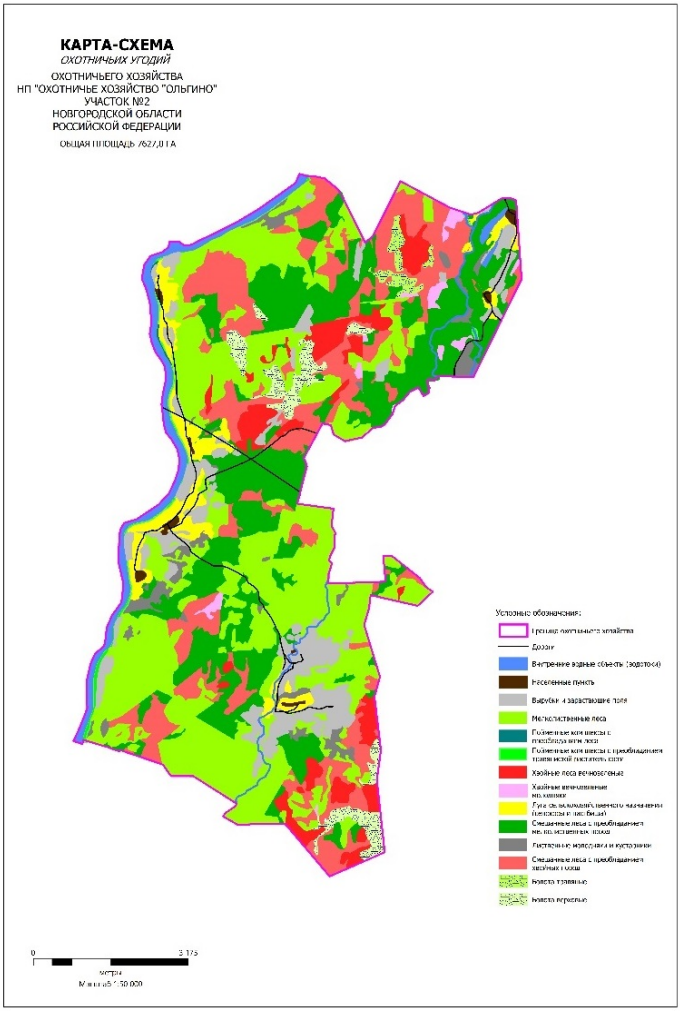
Элементы среды обитания охотничьих ресурсов охотничьего хозяйства НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» участок № 2

Elements of the habitat for hunting resources of the hunting farm «Olgino» plot No. 2

№ п/п.	Категория среды обитания охотничьих ресурсов	Классы среды обитания охотничьих ресурсов	Площадь, га	Доля от общей площади охотхозяйства, %
1	Леса (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20% площади и с высотой растений более 5 м)	Хвойные леса вечнозеленые (хвойных вечнозеленых пород более 80%)	351,8	4,6
		Мелколиственные леса (мелколиственных пород более 80%)	1995,2	26,2
		Смешанные леса с преобладанием хвойных пород (хвойных пород 60–80%)	856,9	11,2
		Смешанные леса с преобладанием мелколиственных пород (мелколиственных пород 60–80%)	2739,8	35,9
		Смешанные леса с присутствием широколиственных пород (широколиственных пород менее 30%)	2,3	0,1
2	Молодняки и кустарники (территории, покрытые кронами древесной и древесно-кустарниковой растительности более чем на 20% площади и с высотой растений до 5 м)	Вырубки и зарастающие поля	345,1	4,5
		Хвойные вечнозеленые молодняки	152,2	2,0
		Лиственные молодняки и кустарники	524,3	6,9
3	Болота (территории, постоянно или большую часть года избыточно насыщенные водой и покрытые специфической гигрофитной растительностью)	Болота верховые	114,5	1,5
		Болота травяные	84,0	1,1

Окончание таблицы

№ п/п.	Категория среды обитания охотничьих ресурсов	Классы среды обитания охотничьих ресурсов	Площадь, га	Доля от общей площади охотхозяйства, %
4	Сельскохозяйственные угодья (территории, вовлеченные в сельскохозяйственный оборот – пашни (в т. ч. заливн.), залежи, сенокосы)	Пашни	11,0	0,1
		Луга сельскохозяйственного назначения (сенокосы и пастбища)	207,3	2,7
5	Внутренние водные объекты (все акватории водотоков (рек, ручьев, мелиоративных каналов), озер, прудов и водохранилищ)	Водотоки	106,0	1,4
6	Пойменные комплексы (территории, затопляемые в период половодья водотоков, находящиеся между среднестатистическим минимальным и максимальным урезами воды, в т. ч., покрытые древесно-кустарниковой растительностью)	С преобладанием леса (лес более 80%)	5,8	0,1
		С преобладанием травянистой растительности (лес и кустарники до 20%)	44,0	0,6
7	Преобразованные и поврежденные участки (леса, поврежденные пожарами (гари), территории ветровалов, торфоразработок, участки с нарушенным почвенным покровом в результате добычи полезных ископаемых и других техногенных воздействий)	Преобразованные и поврежденные участки (участки с нарушенным почвенным покровом в результате добычи полезных ископаемых)	14,8	0,2
8	Непригодные для ведения охотничьего хозяйства (территории, занятые населенными пунктами, промышленными комплексами, рудеральные территории (свалки, кладбища и др.))	Промышленные и рудеральные комплексы, населенные пункты и др.	72,0	0,9
Общая площадь охотничьего угодья		–	7627,0	100,0



Карта-схема охотничьих угодий охотничьего хозяйства НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок №2)

Schematic map of hunting grounds of the hunting farm «Olgino» (plot No. 2)

Анализируя полученные результаты, можно заключить, что на территории объекта исследования НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» (участок № 2) преимущественно представлены смешанные леса с преоблада-

нием мелколиственных (35,9%), а также мелколиственные леса, в составе которых более 80% мелколиственных пород (26,2%). Хвойные леса вечнозеленые, а также смешанные леса с преобладанием хвойных пород составляют 4,6 и 11,2% соответственно. Значительную площадь занимают зарастающие поля и территории, покрытые кустарниками, хвойными молодняками – 13,4%.

Выводы. Проведенное исследование показало, что преимуществом применения аэрокосмических методов обследования и дистанционного зондирования Земли является возможность переноса значительной части работ по охотустроительному проектированию в камеральные условия, увеличив производительность охотустроительных работ и достоверность получаемых материалов. Преимуществом работы с данными дистанционного зондирования Земли также является возможность неоднократно возвращаться к предмету исследования, проводить дополнительные исследования, уточнять результаты, что достаточно трудно осуществить без дополнительных финансовых затрат при традиционных методах исследований ландшафтов.

Предложенный подход с применением алгоритма автоматизированной классификации мультиспектрального космического снимка и геоинформационной обработки данных позволили успешно выполнить типологическую классификацию элементов среды обитания охотничьих ресурсов с формированием картографического и табличного материала в соответствии с современными нормативными требованиями для территории крупного охотничьего хозяйства Маловишерского района Новгородской области. Результаты автоматизированной классификации уточнены и подтверждены материалами государственного лесного реестра.

Применение геоинформационных систем в проведении охотустроительных работ и ведении охотничьего хозяйства позволяет реализовать качественный анализ состояния среды обитания охотничьих ресурсов, прогнозировать их распространение по территории охотничьих угодий, а также принимать обоснованные решения при проектировании биотехнических мероприятий как с биологической, так и с экономической точки зрения.

При этом предложенный подход может применяться не только для проведения типологической оценки охотничьих угодий, но и в качестве инструмента ландшафтного анализа в практике оперативного и ретроспективного мониторинга природных и антропогенно-измененных территорий, в том числе на землях особо охраняемых природных территорий, сельскохозяйственных землях и землях лесного фонда.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Алексеев А.С., Михайлова А.А., Черниховский Д.М., Березин В.И. Метод определения таксационных характеристик насаждений по аэрофотоснимкам сверхвысокого разрешения // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2017. № 2. С. 67–77.

Алексеев А.С., Никифоров А.А. Географические информационные системы. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2022. 116 с.

Али М.С., Воробьёв О.Н., Курбанов Э.А. Алгоритм «дерево решений» для классификации лесов Сирийской Арабской Республики по снимку SENTINEL-2 // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 1 (45). С. 5–30. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.1.5

Борзов С.М., Потатуркин А.О., Потатуркин О.И., Федотов А.М. Исследование эффективности классификации гиперспектральных спутниковых изображений природных и антропогенных территорий // Автометрия. 2016. 52, № 1. С. 3–14.

Братков В.В., Кравченко И.В., Туаев Г.А., Атаев З.В., Абдулжалимов А.А. Применение вегетационных индексов для картографирования ландшафтов Большого Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2016. Т. 10. № 4. С. 97–111.

Бучнев А.А., Пяткин В.П. Классификация с обучением гиперспектральных данных дистанционного зондирования земли // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология» : сб. матер. в двух томах. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). Новосибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. С. 8–12.

Винобер А.В. Охотоведение и охотничье хозяйство: в поисках идентичности, синхронизации и пролиферации идей (к 70-летию факультета охотоведения (1950–2020 гг.) // Гуманитарные аспекты охоты и охотничьего хозяйства. 2019. № 6(18). С. 5–17.

Греков О.А. Внедрение геоинформационных технологий в практику охотничьего хозяйства // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : матер. XIX Всерос. науч.-практич. конференции с междунар. участием, Киров, 25 ноября 2021 года. Киров: Вятский государственный университет, 2021.

Греков О.А. Мониторинг среды обитания охотничьих животных с использованием современных космических и авиационных систем // Информация и Космос. 2018. № 2. С. 126–132.

Дмитрук Н.Г., Широкова В.А., Низовцев В.А., Снытко В.А., Фролова Н.Л., Чеснов В.М., Галкин Ю.С., Озерова Н.А., Широков Р.С. Мста, Ильмень, Волхов – старейший водный путь Балтийского региона // Устойчивое развитие и геоэко-

логические проблемы Балтийского региона: сб. матер. Междунар. науч.-практич. конференции, посвящ. 1150-летию Великого Новгорода, Великий Новгород, 2009. С. 51–59.

Елсаков В.В., Щанов В.М. Развитие топологических подходов при комплексных ландшафтных исследованиях экосистем Европейского Севера дистанционными методами // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды и потенциально опасных явлений и объектов. 2005. С. 267–272.

Зенкин Г.Ю. Использование карт Google Maps в задаче идентификации точек на спутниковых изображениях среднего пространственного разрешения // I-methods. 2012. № 1.

Лупян Е.А., Барталев С.А., Ершов Д.В. [и др.]. Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 222–250.

Любимов А.В., Селиванов А.А., Крючков А.Н. [и др.]. Анализ признаков дешифрирования таксационных показателей лесов с использованием вероятностных методов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2(82). С. 85–90.

Малинников В.А., Барталев С.С. Возможности региональной экологической оценки лесов по данным спутниковых наблюдений // ИВУЗ. Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. № 6. С. 3–18.

Мельников В.В., Мельников В.К. Управление охотничьим хозяйством или охотой // Современные проблемы природопользования, охотоведения и звероводства. 2007. № 1

Мышляков С.Г. Особенности дешифрирования ландшафтов по мультиспектральным космическим снимкам для создания карты элементов среды обитания охотничьих ресурсов // Геоматика. 2013. № 1. С. 53–62.

Остапчук А.М. Нормативно-правовая база деятельности охотпользователей в СССР, РСФСР, РФ // Международный журнал теории и научной практики. 2019. Т. 2, № 2. С. 53–67.

Самсонов Е.В., Самсонова А.М., Берлин Н.Г., Симбирцева Ю.В. Выделение таксономических единиц при инвентаризации охотничьего угодья // Агрофорсайт. 2017. № 5(11). С. 3.

Смирнов С.И. Внутрихозяйственное и территориальное охотустройство: современные проблемы и перспективы развития // Охотничье хозяйство и рациональное природопользование в условиях современной глобальной трансформации (Чтения памяти А.А. Силантьева): матер. Всерос. науч.-практ. конференции, Санкт-Петербург, 06 октября 2022 года. СПб.: СПбГЛТУ, 2022.

Сухих В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ланд-шафтном строительстве. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. 392 с.

Украинский П.А., Терехин Э.А., Павлюк Я.В. Фрагментация лесов верхней части бассейна реки Ворскла с конца XVIII века // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 1. С. 82–91.

Усова И.П. Оценка фрагментации лесов с использованием ландшафтных индексов (на примере восточно-белорусской ландшафтной провинции) // Актуальные проблемы геоботаники. Мат-лы III Всероссийской школы-конференции. II часть. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. С. 250–253.

Фан Т.К., Нгуен Ч.Т., Алексеев А.С. и др. Применение дистанционных методов и ГИС-технологий для классификации земель Пушкинского района Санкт-Петербурга // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. Вып. 235. С. 84–102.

Царев П.В., Есков, Д.В., Тимофеева Е.В. Анализ методов классификации элементов среды обитания территории охотничьего угодья // Агрофорсайт. 2020. № 5(29). С. 29–34.

Цындыжапова С.Д., Розломий Н.Г., Белов А.Н., Минхайдаров В.Ю. Инвентаризация местообитаний охотничьих животных в угодьях ОО «ВКЛО» Приморского края по результатам мультиспектральных изображений // Мниж. 2021. № 12-2 (114).

Черниховский Д.М. Геоинформационные системы в лесном деле. СПб.: Изд-во СПбГЛТУ, 2022. 88 с.

Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учеб. пособие / Пермский государственный национальный исследовательский университет. Электронные данные. Пермь, 2020. 191 с.

Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения: учеб. пособие / Пермский государственный национальный исследовательский университет. Электронные данные. Пермь, 2020. 191 с.

Chan-Ryul P., Woo-Shin L. Development of a GIS-based habitat suitability model for wild boar Sus scrofa in the Mt. Baekwoonsan region, Korea // Mammal Study. 2003. 28(1). P. 17–21.

Clevenger A.P., Wierzchowski J., Chruszcz B., Gunson K. GIS-Generated, Expert-Based Models for Identifying Wildlife Habitat Linkages and Planning Mitigation Passages // Conservation Biology. 2002. 16. P. 503–514.

Gerrard R., Stine P., Church R., Gilpin M. Habitat evaluation using GIS: a case study applied to the San Joaquin Kit Fox // Landscape and Urban Planning. 2001. 52. P. 239–255.

Grzegorz, Szewczyk & Lipka, Krzysztof & Wezyk, Piotr & Zięba-Kulawik, Karolina & Winczek, Monika. Methods of Landscape Valorization and Possibilities of Its Application in Hunting Area Categorisation. 10.5772/intechopen.94048, 2020.

Hamel S., Garel M., Festa-Bianchet M., Gaillard J.M., Côté S.D. Spring normalized difference vegetation index (NDVI) predicts annual variation in timing of peak faecal crude protein in mountain ungulates // J. ApplEcol. 2009. 46. P. 582–589.

Jaskula J., Sojka M., Wicher-Dysarz J. Analysis of the vegetation Process in a Two-stage Reservior on the Basis of Satellite Imagery – a Case Study: Razyny Reservior on the Sama River // Rocznik Ochrona Środowiska. 2018. 20. P. 203–220.

Kunovac S., Omanović M. Game habitats modeling. International Conference Structure and dynamics of ecosystems Dinarides – status, possibilities and prospects. 15–16. June 2011. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Department of Natural Sciences and Mathematics, Proceedings. 2012. 23. P. 127–134.

Pettorelli N., Pelletier F., von Hardenberg A., Festa-Bianchet M., Cote S.D. Early onset of vegetation growth versus rapid green-up: impacts on juvenile mountain ungulates // Ecology. 2007. 88. P. 381–390.

Radeloff V.C., Pidgeon A.M., Hostert P. Habitat and population modelling of roe deer using an interactive geographic information system // Ecological Modelling. 1999. 114(2-3). P. 287–304.

Suchant R., Baritz R., Braunisch V. Wildlife habitat analysis: a multidimensional habitat management model // J. Nat. Conserv. 2003. 10. P. 253–268.

Whiteside T.G., Boggs G.S., Maier S.W. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2011. Vol. 13, iss. 6. P. 884–893.

Xin Pan, Ce Zhang, Jun Xu, Jian Zhao. Simplified object-based deep neural network for very high resolution remote sensing image classification // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2021. Vol. 181. P. 218–237. URL: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.09.014.

Yang, He & Ma, Ben & Du, Qian. Decision fusion for supervised and unsupervised hyperspectral image classification // International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). 2009. 4. IV-948. 10.1109/IGARSS.2009.5417535.

References

Alekseev A.S., Mihajlova A.A., Chernihovskij D.M., Berezin V.I. Metod opredeleniya taksacionnyh harakteristik nasazhdenij po aerofotosnimkam sverhvysokogo razresheniya. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva*, 2017, no. 2, pp. 67–77. (In Russ.)

Alekseev A.S., Nikiforov A.A. Geograficheskie informacionnye sistemy. SPb.: Izdvo SPbGLTU, 2022. 116 p. (In Russ.)

Ali M.S., Vorob'yov O.N., Kurbanov E.A. Algoritm «derevo reshenij» dlya klassifikacii lesov Sirijskoj Arabskoj Respubliki po snimku SENTINEL-2. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*, 2020, no. 1 (45), pp. 5–30. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.1.5

Borzov S.M., Potaturkin A.O., Potaturkin O.I., Fedotov A.M. Issledovanie effektivnosti klassifikacii giperspektral'nyh sputnikovyh izobrazhenij prirodnyh i antropogennyh territorij. *Avtometriya*, 2016, 52, no. 1, pp. 3–14. (In Russ.)

Bratkov V.V., Kravchenko I.V., Tuaev G.A., Ataev Z.V., Abdulzhalimov A.A. Primenenie vegetacionnyh indeksov dlya kartografirovaniya landshaftov Bol'shogo Kavkaza. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*, 2016, iss. 10, no. 4, pp. 97–111. (In Russ.)

Buchnev A.A., Pyatkin V.P. Klassifikaciya s obucheniem giperspektral'nyh dannyh distancionnogo zondirovaniya zemli. *Interekspo GEO-Sibir'-2017. XIII Mezhdunar. nauch. kongr. : Mezhdunar. nauch. konf. «Distancionnye metody zondirovaniya Zemli i fotogrammetriya, monitoring okruzhayushchej sredy, geoekologiya»* : sb. materialov v 2 t. (Novosibirsk, 17–21 aprelya 2017 g.). Novosibirsk : SGUGiT, 2017, iss. 2, pp. 8–12. (In Russ.)

Carev P.V., *Eskov D.V., Timofeeva E.V.* Analiz metodov klassifikacii elementov sredy obitaniya territorii ohotnich'ego ugod'ya. *Agroforsajt*, 2020, no. 5(29), pp. 29–34. (In Russ.)

Chan-Ryul P., Woo-Shin L. Development of a GIS-based habitat suitability model for wild boar Sus scrofa in the Mt. Baekwoonsan region, Korea. *Mammal Study*, 2003, 28(1), pp. 17–21.

Chernihovskij D.M. Geoinformacionnye sistemy v lesnom dele. SPb.: Izd-vo SPbGLTU, 2022. 88 p. (In Russ.)

Clevenger A.P., Wierzchowski J.,Chruszcz B., Gunson K. GIS-Generated, Expert-Based Models for Identifying Wildlife Habitat Linkages and Planning Mitigation Passages. *Conservation Biology*, 2002, 16, pp. 503–514.

Cyndyzhapova S.D., Rozlomij N.G., Belov A.N., Minhajdarov V.Yu. Inventarizaciya mestoobitanij ohotnich'ih zhivotnyh v ugod'yah OO «VKLO» Primorskogo kraya po rezul'tatam mul'tispektral'nyh izobrazhenij. *Mnizh*, 2021, no. 12-2 (114). (In Russ.)

Dmitruk N.G., Shirokova V.A., Nizovcev V.A., Snytko V.A., Frolova N.L., Chesnov V.M., Galkin Yu.S., Ozerova N.A., Shirokov R.S. Msta, Il'men', Volhov – starejshij vodnyj put' Baltijskogo regiona. *Ustojchivoe razvitie i geoekologicheskie problemy Baltijskogo regiona*: sb. mater. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashchennoj 1150-letiyu Velikogo Novgoroda. Velikij Novgorod, 2009, pp. 51–59. (In Russ.)

Elsakov V.V., Shchanov V.M. Razvitie topologicheskih podhodov pri kompleksnyh landshaftnyh issledovaniyah ekosistem Evropejskogo Severa distancionnymi metodami. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. Fizicheskie osnovy, metody i tekhnologii monitoringa okruzhayushchej sredy i potencial'no opasnyh yavlenij i ob"ektov*, 2005, pp. 267–272. (In Russ.)

Fan T.K., Nguen Ch.T., Alekseev A.S. i dr. Primenenie distancionnyh metodov i GIS-tekhnologij dlya klassifikacii zemel' Pushkinskogo rajona Sankt-Peterburga. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoj akademii*, 2021, no. 235, pp. 84–102. (In Russ.)

Gerrard R., Stine, P., Church, R., Gilpin, M. Habitat evaluation using GIS: a case study applied to the San Joaquin Kit Fox. *Landscape and Urban Planning*, 2001, 52, pp. 239–255.

Grekov O.A. Vnedrenie geoinformacionnyh tekhnologij v praktiku ohotnich'ego hozyajstva. *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnyh i prirodno-tekhnogennyh sistem* : mater. HIX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii c mezhdunarodnym uchastiem, Kirov, 25 noyabrya 2021 goda. Kirov: Vyatskij gosudarstvennyj universitet, 2021.

Grzegorz Szewczyk & Lipka, Krzysztof & Wezyk, Piotr & Zięba-Kulawik, Karolina & Winczek, Monika. Methods of Landscape Valorization and Possibilities of Its Application in Hunting Area Categorisation. 10.5772/intechopen.94048, 2020.

Hamel S., Garel M., Festa-Bianchet M., Gaillard J.M., Côté S.D. Spring normalized difference vegetation index (NDVI) predicts annual variation in timing of peak faecal crude protein in mountain ungulates. *J. ApplEcol*, 2009, 46, pp. 582–589.

Jaskula J., Sojka M., Wicher-Dysarz J. Analysis of the vegetation Process in a Two-stage Reservior on the Basis of Satellite Imagery – a Case Study: Razyny Reservior on the Sama River. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 2018, 20, pp. 203–220.

Kunovac S., Omanović M. Game habitats modeling. International Conference Structure and dynamics of ecosystems «Dinarides – status, possibilities and prospects», 15–16. June 2011, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, Department of Natural Sciences and Mathematics, Proceedings, 2012, 23, pp. 127–134.

Lupyan E.A., Bartalev S.A., Ershov D.V. [i dr.]. Organizaciya raboty so sputnikovymi dannymi v informacionnoj sisteme distancionnogo monitoringa lesnyh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva (ISDM-Rosleskhoz). *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, iss. 12, no. 5, pp. 222–250. (In Russ.)

Lyubimov A.V., Selivanov A.A., Kryuchkov A.N. [i dr.]. Analiz priznakov deshifrirovaniya taksacionnyh pokazatelej lesov s ispol'zovaniem veroyatnostnyh metodov. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2018, iss. 20, no. 2(82), pp. 85–90. (In Russ.)

Malinnikov V.A., Bartalev S.S. Vozmozhnosti regional'noj ekologicheskoj ocenki lesov po dannym sputnikovyh nablyudenij. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos"emka*, 2006, no. 6, pp. 3–18. (In Russ.)

Melnikov V.V., Melnikov V.K. Upravlenie ohotnich'im hozyajstvom ili ohotoj. *Sovremennye problemy prirodopol'zovaniya, ohotovedeniya i zverovodstva*, 2007, no. 1

Myshlyakov S.G. Osobennosti deshifrirovaniya landshaftov po mul'tispektral'nym kosmicheskim snimkam dlya sozdaniya karty elementov sredy obitaniya ohotnich'ih resursov. *Geomatika*, 2013, no. 1, pp. 53–62. (In Russ.)

Ostapchuk A.M. Normativno – pravovaya baza deyatel'nosti ohotpol'zovatelej v SSSR, RSFSR, RF. *Mezhdunarodnyj zhurnal teorii i nauchnoj praktiki*, 2019, iss. 2, no. 2, pp. 53–67. (In Russ.)

Pettorelli N., Pelletier F., von Hardenberg A., Festa-Bianchet M., Cote S.D. Early onset of vegetation growth versus rapid green-up: impacts on juvenile mountain ungulates. *Ecology*, 2007, 88, pp. 381–390.

Radeloff V.C., Pidgeon A.M., Hostert P. Habitat and population modelling of roe deer using an interactive geographic information system. *Ecological Modelling*, 1999, 114(2-3), pp. 287–304.

Samsonov E.V., Samsonova A.M., Berlin N.G., Simbirceva Yu.V. Vydelenie taksonomicheskih edinic pri inventarizacii ohotnich'ego ugod'ya. *Agroforsajt*, 2017, no. 5(11), p. 3. (In Russ.)

Shihov A.N., Gerasimov A.P., Ponomarchuk A.I., Perminova E.S. i dr. Tematicheskoe deshifrirovanie i interpretaciya kosmicheskih snimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya: ucheb. posobie; Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet. Perm', 2020. 191 p. (In Russ.)

Shihov A.N., Gerasimov A.P., Ponomarchuk A.I., Perminova E.S. Tematicheskoe deshifrirovanie i interpretaciya kosmicheskih snimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya: uchebnoe posobie; Permskij gosudarstvennyj nacional'nyj issledovatel'skij universitet. Elektronnye dannye. Perm', 2020. 191 p. (In Russ.)

Smirnov S.I. Vnutrihozyajstvennoe i territorial'noe ohotustrojstvo: sovremennye problemy i perspektivy razvitiya. *Ohotnich'e hozyajstvo i racional'noe prirodopol'zovanie v usloviyah sovremennoj global'noj transformacii* (*Chteniya pamyati A.A. Silant'eva*): materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Sankt-Peterburg, 06 oktyabrya 2022 goda. SPb.: SPbGLTU, 2022. (In Russ.)

Suchant R., Baritz R., Braunisch V. Wildlife habitat analysis: a multidimensional habitat management model. *J. Nat. Conserv*. 2003, 10, pp. 253–268.

Suhih V.I. Ajerokosmicheskie metody v lesnom hozjajstve i landshaftnom stroitel'stve. Joshkar-Ola: MarGTU, 2005. 392 p. (In Russ.)

Timothy G. Whiteside, Guy S. Boggs, Stefan W. Maier. Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2011, vol. 13, iss. 6, pp. 884–893.

Ukrainskij P.A., Terekhin E.A., Pavlyuk Ya.V. Fragmentaciya lesov verhnej chasti bassejna reki Vorskla s konca XVIII veka. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5: Geografiya*, 2017, no. 1, pp. 82–91. (In Russ.)

Usova I.P. Ocenka fragmentacii lesov s ispol'zovaniem landshaftnyh indeksov (na primere vostochno-belorusskoj landshaftnoj provincii). *Aktual'nye problemy geobotaniki*: mater. III Vserossijskoj shkoly-konferencii. II chast'. Petrozavodsk: KarNC RAN, 2007, pp. 250–253. (In Russ.)

Vinober A.V. Ohotovedenie i ohotnich'e hozyajstvo: v poiskah identichnosti, sinhronizacii i proliferacii idej (k 70 letiyu fakul'teta ohotovedeniya (1950–2020 gg.). *«Siberia Land Congress» Biosphere and Agriculture Economies Support and Development Fund*, 2019, no. 6(18), pp. 5–17. (In Russ.)

Xin Pan, Ce Zhang, Jun Xu, Jian Zhao. Simplified object-based deep neural network for very high resolution remote sensing image classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2021, vol. 181, pp. 218–237. URL: https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.09.014.

Yang, He & Ma, Ben & Du, Qian. Decision fusion for supervised and unsupervised hyperspectral image classification. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (*IGARSS*), 2009, 4. IV-948. 10.1109/IGARSS.2009.5417535.

Zenkin G.Yu. Ispol'zovanie kart Google Maps v zadache identifikacii tochek na sputnikovyh izobrazheniyah srednego prostranstvennogo razresheniya. *I-methods*, 2012, no. 1.

Материал поступил в редакцию 07.11.2023

Лукашик Е.Е., Алексеев А.С. Геоинформационное картирование и типологическая классификация охотничьих угодий на основе данных дистанционного зондирования земли // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2024. Вып. 250. С. 23–45. DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.23-45

Данные дистанционного зондирования Земли и геоинформационные системы в настоящий момент являются неотъемлемой частью изучения ландшафтов и мониторинга их состояния. Охотничье хозяйство основывается на охотничьих ресурсах и элементах среды их обитания, которыми и являются природные и антропогенные ландшафты. В ряде нормативных документов Российской Федерации, отражающих современные требования к ведению и направлениям развития охотничьего хозяйства, отмечено, что наиболее действенным является инвентаризация современного состояния среды обитания охотничьих животных на единой методологической основе, в том числе при осуществлении мониторинга с использованием и анализом данных дистанционного зондирования поверхности Земли и аэрофотосъемки охотничьих ландшафтов. Задачи данного исследования заключались в формировании методологического подхода к типологической классификации элементов среды обитания охотничьих ресурсов на основе применения алгоритма автоматизированной классификации спутниковых снимков и геоинформационной обработки получаемых результатов с учетом данных государственного лесного реестра. Объектом исследования служило охотничье хозяйство НП «Охотничье хозяйство «Ольгино» участок №2 на территории Маловишерского района Новгородской области общей площадью 7627,0 га. В качестве исходных материалов использовались спутниковые снимки с ИСЗ Sentinel-2A L2A, а также планы лесных насаждений и данные государственного лесного реестра, получаемые через средства реализации запросов программного комплекса WinPLP. Программными средствами обработки данных являлись ГИС QGis, плагин автоматизированной классификации QGis dzetsaka: Classification tool с алгоритмом классификации по модели смеси Гауссовских распределений Gaussian Mixture Model (GMM), а также ГИС MapInfo Pro 17.0. Контроль и уточнение результатов обработки материалов спутниковой съемки и

автоматизированной классификации осуществлялись на основе данных государственного лесного реестра и лесоустроительных картографических материалов. В результате была сформированы карта-схема исследуемого охотничьего хозяйства и таблица по распределению площадей по элементам среды обитания охотничьих ресурсов в соответствии с современными нормативными требованиями. Предложенный подход может применяться не только для проведения типологической оценки охотничьих угодий, но и в качестве инструмента ландшафтного анализа в практике оперативного и ретроспективного мониторинга природных и антропогенно-измененных территорий, в том числе на землях особо охраняемых природных территориях, сельскохозяйственных землях и землях лесного фонда.

Ключевые слова: геоинформационные системы, дистанционное зондирование Земли, геоинформационное картографирование, охотничье хозяйство, охотничьи ресурсы.

Lukashik E.E., Alekseev A.S. Geoinformation mapping and classification of hunting grounds based on remote sensing data. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2024, iss. 250, pp. 23–45 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2024.250.23-45

Remote sensing data and geographic information systems are now an integral part of landscape research and monitoring. Hunting management is based on information about hunting resources and elements of their habitats, i.e. the natural and anthropogenic landscapes. The number of regulative documents of the Russian Federation reflecting modern requirements for the conduct and development of hunting industry, noted that an inventory of the current state of the hunting environment on a unified methodological basis, including monitoring using and analysis of remote sensing and aerial photography of hunting landscapes, is the most effective. The objective of this study was to form the methodological approach to the typological classification of elements of the habitat hunting resources on the basis of the application of an algorithm for the automated classification of satellite images and the geographic information processing of obtaining results from the State Forest Register. The test area of the study was the hunting farm of NP «Hunting farm «Olgino» plot 2 on the territory of the Malovishersky district of the Novgorod region with a total area of 7627.0 hectares. Satellite imagery from the Sentinel-2A L2A HSE, as well as forest inventory and management plans and State Forest Registry data from the WinPLP software complex, were used as source materials. The software included the QGis dzetsaka automated classification plugin of the QGIS i.e. the Classification tool with a classification algorithm based on the Gaussian Mixture Model (GMM) and the MapInfo Pro 17.0 GIS. The results of the processing of the satellite imagery were monitored and refined on the basis of data from the State Forest Register and forest inventory and management plan. As a result, a schematic

map of the surveyed hunting farm and a table of the distribution of areas by elements of the habitat hunting resources in accordance with modern regulatory requirements were formed. The proposed approach can be used not only for typological assessment of hunting grounds, but also as a tool for landscape analysis in the practice of operational and retrospective monitoring of natural and anthropogenic-modified territories, including on specially protected natural areas, agricultural lands and forest lands.

Keywords: geographic information systems, remote sensing of the Earth, geoinformation mapping, hunting, hunting resources.

ЛУКАШИК Евгений Евгеньевич – заведующий лабораторией геоинформационных систем Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого, аспирант кафедры лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, SPIN-код: 4424-8576, ORCID: 0000-0002-3414-9407.

173017, ул. Советской Армии, д. 7, г. Великий Новгород, Россия. E-mail: lukashik-proekt@yandex.ru

LUKASHIK Evgeny E. – Head of Laboratory of Geographic Information Systems of Yaroslav Mudry Novgorod State University, postgraduate student of the Department of Forest Inventory, Management and GIS, St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 4424-8576, ORCID: 0000-0002-3414-9407.

173017. Soviet Army str. 7. Veliky Novgorod. Russia. E-mail: lukashik-proekt@yandex.ru

АЛЕКСЕЕВ Александр Сергеевич – профессор, заведующий кафедрой лесной таксации, лесоустройства и геоинформационных систем Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор географических наук, ResearcherID: F-6891-2010, ORCID: 0000-0001-8795-2888, AuthorID: 150999.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a_s_alekseev@mail.ru

ALEKSEEV Aleksandr S. – DSc (Geography), Professor, Head of the Department of Forest Inventory, Management and GIS, St.Petersburg State Forest Technical University. ORCID: 0000-0001-8795-2888, SPIN-code: 8115-9103, ORCID: 0000-0001-8795-2888, AuthorID: 150999.

194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: a_s_alekseev@mail.ru