

ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «БОЛОНЬСКИЙ» (РОССИЯ)

А. В. Остроухов*, Е. М. Климина, В. А. Купцова

Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Россия

**e-mail: Ostran2004@bk.ru*

Поступила: 05.10.2019. Исправлена: 18.02.2020. Принята к опубликованию: 17.03.2020.

Система мониторинга экологического состояния особо охраняемых природных территорий (ООПТ) должна основываться на ландшафтной (геосистемной) дифференциации территории, представленной в виде карты ландшафтов (геосистем). Такая карта в комплексе отражает сочетания взаимодействующих компонентов и пространственных элементов природной среды. Однако разработка такой основы для многих ООПТ Дальнего Востока и Сибири из-за их слабой изученности и труднодоступности очень трудоемка и требует больших капиталовложений. Применение методов дешифрирования данных аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (DJI Phantom 4) в сочетании с использованием данных дистанционного зондирования земли среднего пространственного разрешения (Sentinel-2), материалов экспедиционных работ и имеющихся литературных данных позволяют максимально объективно и в достаточно короткие сроки создать ландшафтную карту. Объектом такого исследования стала территория заповедника «Болоньский» (Хабаровский край, Россия), который имеет значимые международные статусы: водно-болотные угодья международного значения «Озеро Болонь и устья рек Сельгон и Симми»; ключевая орнитологическая территория «Озеро Болонь». Сложность изучения этой территории связана с ее положением в пределах сильно обводненной и заболоченной северо-восточной части Среднеамурской низменности. В ходе экспедиционных работ 2017–2018 гг. была впервые изучена ландшафтная структура территории заповедника «Болоньский», разработаны карты типов рельефа, классов растительности и ландшафтов в масштабе 1:100 000. Помимо этого, обоснованы и подробно описаны четыре ключевых участка (масштаб 1:5 000) для долговременного мониторинга как «точки отсчета» пространственно-временных изменений болотных геосистем. В пределах низменной аккумулятивной равнины выделено три подкласса аккумулятивных равнин аллювиального, озерного и озерно-аллювиального генезиса с разным сочетанием форм мезо- и микрорельефа. Для 12 типов растительных сообществ, представленных в заповеднике (лиственничные и лиственнично-мелколиственные леса, широколиственные леса, мелколиственные леса, лесо-луговые, лесо-болотные и пойменно-долинные комплексы), выявлена их доля в ландшафтной структуре территории. Впервые подробно описаны растительные ассоциации болотных и лугово-болотных экосистем, занимающих 80% площади района работ. На четырех ключевых маршрутах были проведены подробные описания болотных фаций, которые в совокупности с проведением аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов дали возможность получить информацию о функционировании болотных экосистем. В итоговой ландшафтной карте представлены два вида одного класса ландшафта, к которым относится 23 вида урочищ четырех типов местностей. Показано, что наряду с естественными факторами, значительное влияние на геосистемы территории оказывает пирогенное воздействие преимущественно антропогенного происхождения. Значительный масштаб воздействия пирогенного фактора на ландшафты ООПТ подтверждается данными дистанционного зондирования земли за период с 1996 по 2018 гг. В то же время полученные материалы свидетельствуют о том, что сукцессионные процессы имеют высокую интенсивность и направлены на восстановление исходного состояния ландшафтов. Воздействие пожаров на территорию наблюдается на протяжении более 80 лет. Однако в настоящее время отсутствуют данные об исходном состоянии геосистем в пределах территории заповедника «Болоньский». Сравнительный анализ полученных материалов с данными о развитии болотных систем на Среднеамурской низменности в целом позволяет рассматривать геосистемы данной территории как своеобразную «точку отсчета» в исследовании болотообразующих процессов на юге Дальнего Востока.

Ключевые слова: аэрофотосъемка, беспилотный летательный аппарат, геоинформационное картографирование, Дальний Восток России, данные дистанционного зондирования земли, Приамурье, Хабаровский край

Введение

Картографические материалы на современном этапе развития общества – это не только заключительный этап того или иного исследования, но и материал для проведения дальнейших научных и организационных работ (Поликарпова, 2006; Глибко, Барсова, 2014; von Naagen et al., 2019). Однако ни типовые положения об особо охраняемых природных территориях (ООПТ),

ни внутренние инструкции не прописывают унифицированный набор картографических материалов для обеспечения их функционирования. С позиций комплексного подхода изучение территории необходимо проводить на основе системы территориальных единиц, которые служат носителями информации и непосредственными объектами исследований (Поликарпова, 2006). Методологическую основу при этом

обеспечивает ландшафтный подход (Черных, 2015). Предпосылкой развертывания системы мониторинга ООПТ должно служить изучение ландшафтной структуры территории. Однако для многих ООПТ РФ и, особенно, территории Сибири и Дальнего Востока формирование инвентаризационно-картографической базы данных невозможно из-за слабой изученности территории, расположения ее в труднодоступных и (или) труднопроходимых местностях. Это ограничивает возможности наземных исследований без привлечения спецтехники (Потапенко, 2009). Вариантом решения данной проблемы может стать активное использование данных дистанционного зондирования земли (ДДЗЗ). Однако, как показывает отечественный (Немцева, Беспалова, 2010; Ерискина и др., 2013) и зарубежный (Turner et al., 2003; Geyer et al., 2010; Amani et al., 2018) опыт их применения, для адекватной интерпретации спутниковых данных требуется большой объем эталонных наземных материалов. Это требует проведения обширных экспедиционных работ. Находящиеся в свободном доступе материалы дистанционного зондирования имеют среднее пространственное разрешение (10–50 м/пикс). Это соответствует картографическому масштабу 1:500 000 – 1:200 000, тогда как размер объектов картографирования зачастую требует более детальный масштаб для их адекватного отображения (1:50 000 – 1:10 000). Это определяет необходимость использования ДДЗЗ высокого пространственного разрешения, распространяющихся на коммерческой основе (Dandois & Ellis, 2013). В то же время, сегодня все большую востребованность в науках о Земле приобретают методы аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) (Dietrich, 2016; Komárek et al., 2018), в результате применения которых может быть получена координатно- и высотно-привязанная информация о земной поверхности с пространственным разрешением 0.02–0.07 м/пиксель (доступные материалы ДДЗЗ имеют разрешение 0.5 м/пиксель) (<http://gis-lab.info/qa/ss.html>).

Активное использование материалов аэрофотосъемки в сочетании с ДДЗЗ, цифровыми моделями рельефа (ЦМР), данными топографических карт значительно снижает объем экспедиционных работ с одновременным повышением точности и актуальности получаемых картографических материалов (Ерунова и др., 2008; Занозин, 2016; Скрипко, Головина, 2016). Это позволяет разработать серию тематических карт для исследуемой

территории (ландшафтную карту, карту типов рельефа). Целью нашей работы являлось создание ландшафтной карты территории государственного природного заповедника (ГПЗ) «Болоньский» на основе применения современных геоинформационных методов обработки ДДЗЗ и аэрофотосъемки с БПЛА и характеристика основных геосистем. В рамках поставленной цели решался ряд задач: анализ имеющихся данных об этой территории, подготовка и проведение экспедиционных работ и аэрофотосъемка с БПЛА, совместная интерпретация полученных материалов и ДДЗЗ с последующим созданием серии карт территории ГПЗ (типов рельефа, растительности, пирогенной трансформации, ландшафтов), описание и характеристика его ландшафтной структуры.

Материал и методы

Государственный заповедник «Болоньский» расположен в северо-восточной части Среднеамурской низменности (49.742–49.402° N, 135.521–136.372° E) в пределах Амурского и Нанайского муниципальных районов Хабаровского края. Его территория относится к бассейну оз. Болонь и охватывает преимущественно нижнюю часть бассейна р. Симми, а также часть побережья самого озера. Это наиболее низкая часть равнины с преобладающими абсолютными высотами 22–26 м, превышениями в среднем не более 5 м. Характер рельефа определяется аккумулятивной деятельностью р. Амур, с которым озеро связано протокой (Прозоров, 1985; Махинов, 2006). Для территории характерно сочетание низкой поймы, межпойменных выположенных пространств и релок¹, 80% площади занято болотами и заболоченными лугами.

Исходя из особенностей генезиса в рельефе территории заповедника «Болоньский» выделяются четыре разновозрастные аккумулятивные поверхности, отличающиеся друг от друга своими размерами, местоположением, своеобразными формами мезо- и микрорельефа. Возраст поверхностей обусловлен возрастом слагающих их осадков. Равнина плиоценового возраста широко распространена на левобережье Амура, занимая междуречье рек Харпи – Сельгон – Симми. Уступ ее хорошо прослеживается на местности, высота его не превышает 1–3 м. Бровка уступа заросла лесом. Абсолютные отметки колеблются в пределах 25–34 м. К долинам рек Сельгон и Харпи рав-

¹ Релка – линейно-вытянутая положительная форма рельефа с пологими склонами, флювиального или эолового происхождения, обычно поросшая лесом.

нина обрывается уступом высотой от 1 м до 3 м. Генезис плиоценовой равнины озерный.

Третья надпойменная терраса позднечетвертичного возраста хорошо выражена на правобережье р. Симми уступом высотой до 2.0–2.5 м, углом наклона 15°. Ширина площадки террасы около 15 км. Абсолютные отметки колеблются от 20 м до 25 м. Тыловой шов практически не выражен. Терраса имеет слабый наклон к р. Симми.

Вторая надпойменная терраса позднечетвертичного возраста распространена в припойменной зоне рек Амур, Харпи и Симми. Ее абсолютные отметки колеблются от 22 м на востоке до 26 м на западе. Ширина площадки достигает 2–10 км, и уступ, и тыловой шов ее выражены плохо.

Пойма развита почти у всех протекающих в районе рек. Поймы равнинных рек Симми и Харпи довольно широки (до 2–3 км). Они изобилуют протоками и озерами. Границы с более высокими поверхностями не всегда четко выражены. Так, у р. Симми западная граница поймы практически не прослеживается.

В устье р. Харпи, впадающей в оз. Болонь, расположена озерная дельта шириной до 12 км, представляющая собой безлесную бугристую поверхность с большим количеством проточек, озер, заливов. Абсолютные отметки не превышают 21–22 м. Переход дельты к вышележащим поверхностям четкий.

Формирование болот при постоянном притоке речных вод, высоком содержании питательных веществ в глинах, подстилающих торфяные залежи, создавало условия для продолжительного сохранения евтрофной стадии болотообразования (Прозоров, 1965). Другим важным фактором заболоченности территории является муссонный характер климата. В зимние периоды, отличающиеся низкими температурами и небольшим снежным покровом (около 50 мм осадков за холодный сезон), происходит сильное промерзание почв – до 2 м и глубже. Оттаивание продолжается до середины июня, а на болотах – до начала августа. В отдельных участках мерзлота может сохраняться весь теплый период.

Почвенный покров района работ изучался Соловьевым (2006), выполнившим и описавшим несколько почвенных разрезов. Данным автором было выявлено преобладание почв болотного, лугового и пойменного рядов, в значительно меньшей степени – формирование почв буроземного ряда (в пределах высоких береговых валов).

Основные типы растительности здесь выявлены и описаны Антоновой (2006). Она вы-

деляет следующие типы: 1) лесной, представленный березово-осиновыми (*Betula platyphylla* Sukaczew, *Populus tremula* var. *dauriana* (Dode) C.K.Schneid.), белоберезовыми (*Betula platyphylla*), дубово-березовыми (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb., *Betula platyphylla*, *B. dahurica* Pall.), лиственнично-дубовыми ценозами (*Larix cajanderi* Mayr, *Quercus mongolica*); 2) болотный характеризуется преимущественно травяными болотами – вейниковыми (*Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.), осоковыми (*Carex cespitosa* var. *minuta* (Franch.) Kük., *C. cespitosa* L., *C. schmidtii* Meinsh.), осоково-вейниковыми (*Carex cespitosa* и *C. cespitosa* var. *minuta*), кустарничково-травяно-сфагновыми (*Chamaedaphne callyculata* (L.) Moench, *Carex cespitosa*, *Eriophorum vaginatum*, *Sphagnum divinum* Flatberg & Hassel., *S. centrale* C.E.O. Jensen, *S. rubellum* Wilson, *S. fimbriatum* Wilson); 3) луговой – с вейниковыми (*Calamagrostis langsdorffii*), вейниково-осоковыми (*Calamagrostis langsdorffii*, *Carex cespitosa*), вейниково-разнотравными (*Calamagrostis langsdorffii*, *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub., *Sanguisorba* × *tenuifolia* var. *tenuifolia*, *Polemonium caeruleum* L., *Galium trifidum* L.) и разнотравными (*Sanguisorba* × *tenuifolia* var. *tenuifolia*, *Galium trifidum*, *Anemonidium dichotomum*, *Saussurea amurensis* Turcz., *Galium trifidum*, *Fimbripetalum radicans* (L.) Ikonn., *Iris setosa* Pall. ex Link) ценозами; 4) водный и водно-прибрежный. Латинские названия видов даны в соответствии с базой данных The PlantList (<http://www.theplantlist.org/>). Данные ценозы формируют внешний облик ландшафтов и являются важнейшим критерием выявления геосистем локального ряда. Формирование разных типов урочищ определяется сочетанием фаций – доминантов и субдоминантов. При довольно низком видовом и ландшафтном разнообразии исследуемой территории именно выявление доминирующих фаций является определяющим в выделении ландшафтных урочищ.

Несомненно, ведущим типом геосистем являются болотные. Исследованию болот этой части Среднеамурской низменности были посвящены работы Прозорова (1965, 1985) и Анисимова (1973), которые и были положены в основу классификации болотных геосистем.

Для подготовки ландшафтной карты, выявления разнообразия и закономерностей распространения природных ландшафтов заповедника «Болоньский» использовались следующие методы: полевые работы с ландшафтным профилированием и описанием ключевых участков

(Миллер, 1974), аэрофотосъемка с помощью БПЛА, дешифрирование космоснимков, крупномасштабное ландшафтное картографирование (масштаб 1:100 000, основные единицы картографирования – типы местности – типы урочищ – типы фаций (для ключевых участков)).

На примере территории ГПЗ «Болоньский» в 2017–2018 гг. была отработана методика комплексного использования ДДЗЗ высокого пространственного разрешения и аэрофотосъемки с БПЛА для создания крупномасштабных тематических (ландшафтно-инвентаризационных, растительности, типов рельефа) карт труднодоступных территорий. В ходе полевых работ на 16 ключевых участках была осуществлена аэрофотосъемка с последующим ландшафтным профилированием и заложением площадок комплексного описания геосистем (рис. 1). Всего было выполнено 36 полетов и заложено 15 ландшафтных профилей с 89 точками описаний. Для оценки современного состояния растительного покрова водно-болотных экосистем на территории заповедника «Болоньский» решались следующие задачи: выявление видового состава сосудистых растений и мохообразных, определение их экологической приуроченности, выявление типологического разнообразия водно-болотных угодий (ВБУ) на его территории. Для этого был использован комплекс методов флористики, геоботаники и болотоведения (Корчагин, 1964; Пьявченко, Козловская, 1974; Гнатюк, Антипина 2001).

Аэрофотосъемка осуществлялась с БПЛА DJI Phantom 4 с высоты 150 м штатной съемочной аппаратурой, что позволило получить ортофотопланы участков с пространственным разрешением 6.5 см/пикс. Технические параметры дрона позволяют за 1 полет осуществлять аэрофотосъемку участка длиной до 5 км при ширине съемочной полосы 300–450 м, при пространственном перекрытии фотографий 70–80%. Управление полетом проводилось с помощью программ DroneDeploy 2.0.51 и Pix4Dcapture 3.8.1, которые дают возможность аэрофотосъемки территории заданного участка с фиксированной высоты и перекрытием. В дальнейшем полученные фотоматериалы обрабатывались в программах Agisoft PhotoScan Professional 1.3.2 и Pix4dmapper 3.2. На основе материалов аэрофотосъемки уточнялось положение ландшафтных профилей и точек комплексных описаний ландшафтов.

В камеральный период проведено совмещение полученных ортомозаик со снимками среднего пространственного разрешения спутника Sentinel-2 (пространственное разрешение 10 м/пиксель) в программной среде ArcGIS 10.5. Применение штатной аппаратуры дрона позволило получить геоизображения в оптическом диапазоне с разрешением, достаточным для точного разделения растительности по классам (древесная, кустарниковая, травяная) и видам древесных пород (например, *Betula platyphylla*, *Larix cajanderi*, *Quercus mongolica*) (рис. 2). Основными дешифровочными признаками являются фактура и цветотон отображаемой растительности, цвет стволов, форма и плотность крон, высота древесных и кустарниковых растений, определяемая по цифровой модели местности, разработанной на основе анализа ортофотоизображений.

Наложение материалов аэрофотосъемки и ДДЗЗ показывает почти полное соответствие границ геосистем на разных видах пространственных данных. Это дает возможность использовать данные с БПЛА для формирования базы эталонов для классификации ДДЗЗ на всю территорию исследования.

Нами был проведен комплексный анализ полученных полевых материалов, данных аэрофотосъемки и снимков спутника Sentinel-2 (EarthExplorer, 2017), ЦМР на основе данных SRTM 4.1 (30-Meter SRTM, 2000) и их производных, имеющихся картографических данных (геологических, геоморфологических, топографических карт различных масштабов) (Чемяков, 1960; Исаченко, 1985; Гудилин, 1987; Фридланд, 1988; Кузьменко, 1989а,б,в; Государственная геологическая карта..., 2006а,б; Карта четвертичных образований..., 2009) и опубликованных материалов. На его основе были разработаны ландшафтные карты трех ключевых участков в масштабе 1:10 000 (что позволяет отражать фациальную структуру территории) и ландшафтная карта территории ГПЗ «Болоньский» в масштабе 1:100 000 (уровень урочищ и местностей). Полученные материалы включают в себя собственно картографическое произведение, легенду карты и пояснительную записку с характеристикой ландшафтных выделов на основе полевых материалов и опубликованных данных. За основу при выделении форм рельефа взята классификация, использованная в Геоморфологической карте СССР масштаба 1:2 500 000 (Геоморфологическая карта..., 1985).

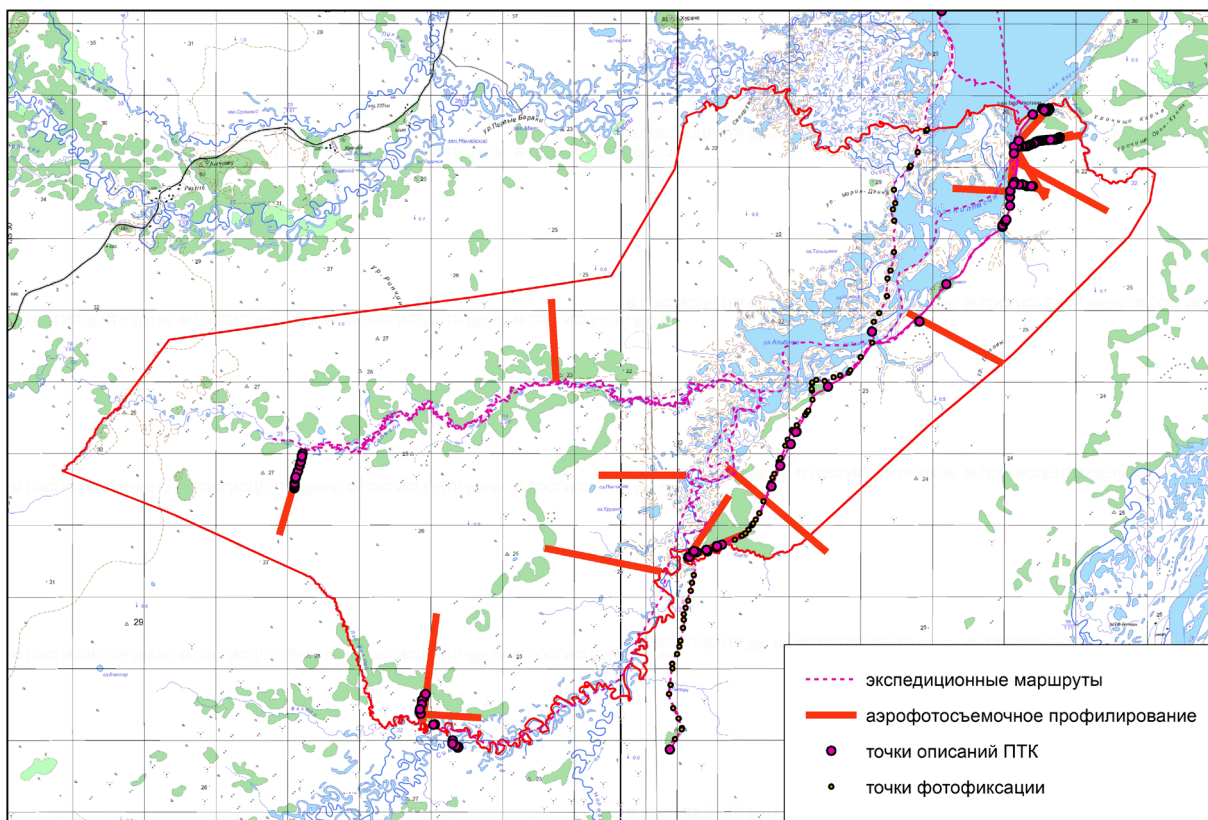


Рис. 1. Маршруты полевых исследований в Болонском государственном заповеднике в 2017–2018 гг.
 Fig. 1. Field research routes in the Bolonsky State Nature Reserve in 2017–2018.



Рис. 2. Ортофотомозаика территории ключевого участка Килтасин (фрагмент). Разделены территории с древесной растительностью *Betula platyphylla* и *Populus tremula* var. *davidiana* (1) и *Betula platyphylla* (2), травяными заочкаренными (3) и сгоревшими мохово-кустарниково-травяными (4) болотами.
 Fig. 2. Orthophoto-mosaic in a fragment of the Lake Kiltasin basin. The areas are identified as follows: 1 – trees of *Betula platyphylla* and *Populus tremula* var. *davidiana*, 2 – *Betula platyphylla* trees, 3 – grass tussock fens, 4 – burnt moss-shrub-grass fens.

Результаты

На начальном этапе разработки ландшафтной карты была создана карта типов рельефа территории. В пределах исследуемой территории выделен один главенствующий тип рельефа – равнинный. По своим морфогенетическим характеристикам он относится к низменным (до 200 м) аккумулятивным равнинам аллювиального, озерного и озерно-аллювиального генезиса различного возраста. В его пределах выделены подтипы рельефа, как основной критерий выделения соответствующих единиц ландшафтного картирования – типов местности (рис. 3).

Подтип I. Плоская аккумулятивная равнина с преобладанием слабопроточных и западных с застойным увлажнением поверхностей с древними береговыми валами, релками и межречными понижениями на аллювиальных отложениях (Q_{III–IV}), с превышением над поймой до 1.5 м, перепадами высот до 1 м.

Подтип II. Плоская и пологоволнистая аккумулятивная равнина правобережной части реки Симми с береговыми валами, релками и межречными понижениями, с превышением над поймой 2.0–2.5 м, перепадом высот 0.3–0.5 м, на озерно-аллювиальных четвертичных отложениях (Q_{III–IV}).

Подтип III. Плоская и слабоволнистая аккумулятивная равнина левобережной части реки Симми с обширными недренируемыми водораздельными поверхностями, невысокими (высотой до 0.5 м) релками, с превышениями над поймой 2.5–3.0 м, перепадом высот 0.3–0.5 м, на неоген – четвертичных аллювиальных, озерно-аллювиальных и биогенных отложениях.

Подтип IV. Многоорукавная заболоченная пойма с перепадами высот до 0.5 м на верхнечетвертичных аллювиальных отложениях.

На следующем этапе создания ландшафтной карты на основе анализа полевых данных, опубликованных карт растительности, лесоустроительных карт и разносезонных ДДЗЗ со спутника Sentinel-2 (10 м/пиксель) была создана карта растительности территории. Опыт работы показал, что автоматические методы классификации, реализованные в программных пакетах ArcGIS 10.5, Erdas Imagine, ENVI, не позволяют с необходимой точностью интерпретировать снимки Sentinel-2. Это связано с относительно высоким пространственным разрешением спутниковых данных. В результате этого спектральные характеристики пикселя отражают не осредненные параметры растительного выдела, а характеристики кроны конкретных растительных объектов (дерева, группы деревьев). В

таких условиях наиболее адекватный результат дает экспертная дешифровка разносезонной мозаики ДДЗЗ в сочетании с полевыми материалами и данными лесоустройства. Разносезонность материалов позволяет на основе различий в спектральных характеристиках фитоценозов в разных фазах фенологических циклов проводить классификацию растительного покрова территории. Как отмечалось выше, ведущим фактором, определяющим распределение растительных сообществ, является характер и степень увлажнения территории. При сходном аккумулятивном генезисе рельефа изменения этих параметров зачастую носят мелкоконтурный локальный характер и определяются микро-рельефом территории и механическим составом подстилающих пород. Следствием этого является высокая мозаичность растительного покрова, что обуславливает необходимость комплексного подхода при классификации типов растительности.

Обработка материалов проводилась в масштабе 1:25 000 с последующей генерализацией до целевого масштаба. В итоге было выделено 12 типов растительных сообществ:

1. Широколиственно-мелколиственные леса разнотравно-папоротниковые (*Quercus mongolica*, *Populus tremula* var. *davidiana*, *Pteridium latiusculum* (Desv.) Hieron. ex Fries, *Artemisia rubripes* Nakai., *Anemonoides udensis* (Trautv. & C.A. Mey.) Holub).

2. Белоберезово-осиновые леса (*Betula platyphylla*, *Populus tremula* var. *davidiana*) с примесью ольхи (*Alnus hirsuta* (Spach) Rupr.), лиственницы (*Larix cajanderi*) (низкие релки), дуба монгольского (*Quercus mongolica*) и маакии амурской (*Maackia amurensis* Rupr.) (береговые валы) в сочетании с ерниковыми¹ зарослями, влажными и сырыми лугами, и низинными травяными болотами.

3. Лиственничное редколесье с березой плосколистной, ольхой (*Larix cajanderi*, *Betula platyphylla*, *Alnus hirsuta*) на невысоких релках в сочетании с ерниковыми зарослями, влажными и сырыми лугами и низинными травяными болотами.

4. Ерниковые заросли (*Betula fruticosa* Pall.) в сочетании с угнетенным белоберезово-лиственнично-ольховым редколесьем (*Betula platyphylla*, *Larix cajanderi*, *Alnus hirsuta*).

5. Кустарничково-вейниково-осоковые сообщества (*Alnus hirsuta*, *Betula fruticosa*, *Salix myrtilloides* L., *Salix rosmarinifolia* var. *brachypoda* (Trautv. & C.A. Mey.) Y.L. Чоу, *Calamagrostis langsdorffii*, *Carex cespitosa*) в сочетании с низинными травяными и кустарничково-травяно-сфагновыми болотами.

¹ Ерники – сообщества с господством кустарничковых берез, например, *Betula fruticosa* Pall.

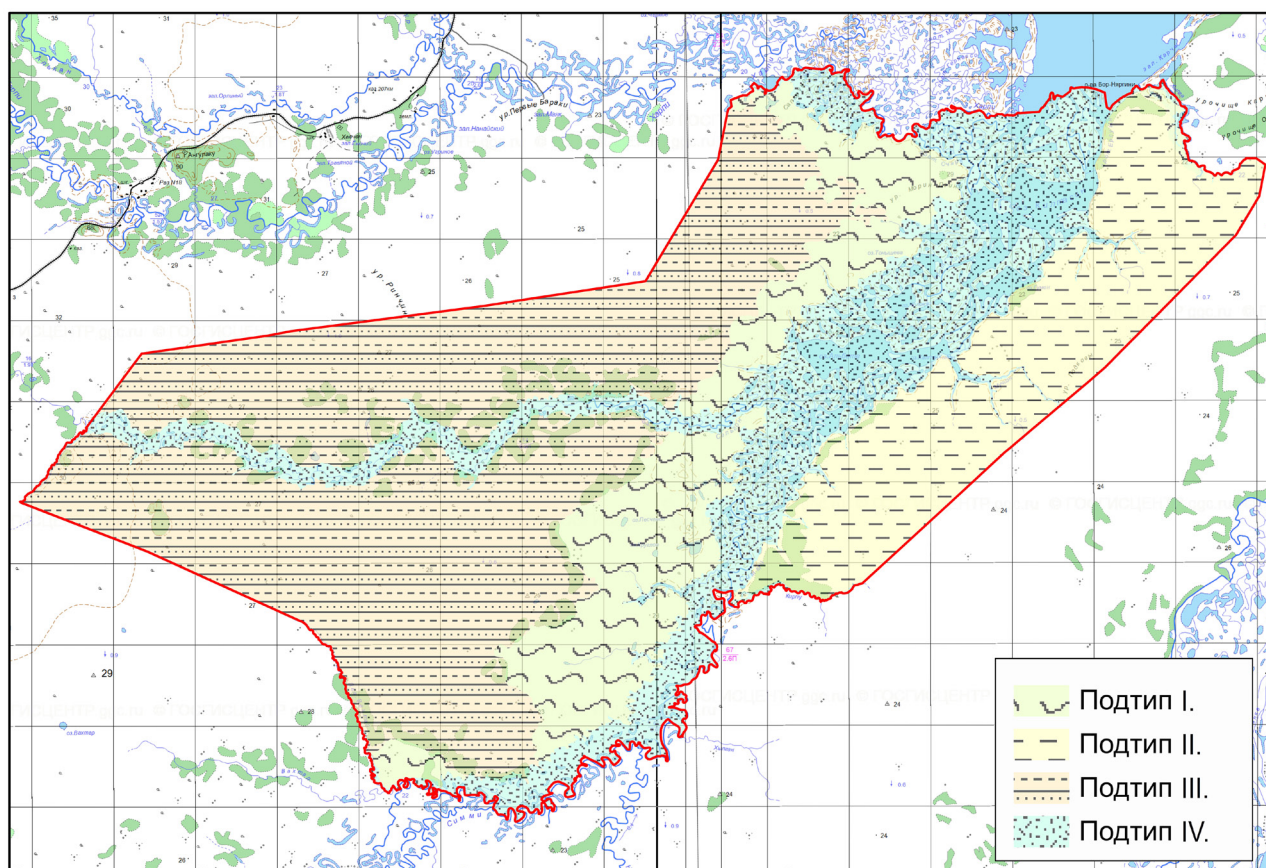


Рис. 3. Подтипы рельефа в Болонском заповеднике.

Fig. 3. Terrain sub-types in the Bolonsky State Nature Reserve.

6. Сырые заболоченные луга (*Calamagrostis langsdorffii*, *Carex appendiculata* (Trautv. & C.A.Mey.) Kük.) и низинные травяные болота (*Calamagrostis langsdorffii*, *Carex cespitosa* var. *minuta*, *C. cespitosa*, *C. schmidtii*).

7. Закустаренные луга (*Calamagrostis langsdorffii*, *Spiraea salicifolia* L.) и низинные травяные болота.

8. Низинные травяные, травяно-сфагновые (*Carex pseudocuraica* F. Schmidt, *C. cespitosa* var. *minuta*, *C. lasiocarpa* Ehrh., *Carex limosa* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Eriophorum gracile* Koch, *Sphagnum inundatum*, *S. jensenii*, *S. flexuosum*) и кустарничково-травяно-сфагновые болота (*Chamaedaphne calyculata*, *Andromeda polifolia* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Carex appendiculata*, *Calamagrostis langsdorffii*, *Sphagnum imbricatum*, *S. centrale*, *S. divinum*, *S. jensenii*, *S. inundatum*).

9. Травяно-сфагновые мочажинно-грядовые болота (*Salix myrtilloides*, *Andromeda polifolia*, *Chamaedaphne calyculata*, *Sphagnum balticum* (Russow) C.E.O. Jensen, *S. divinum*).

10. Травяно-сфагновые грядово-мочажинные болота (*Carex limosa*, *Andromeda polifolia*, *Menyanthes trifoliata*, *Sphagnum divinum*, *S. obtusum* Warnst.).

11. Травяно-сфагновые грядово-ложбинные болота (*Carex limosa*, *C. meyeriana* Kunth., *Eriophorum vaginatum*, *Chamaedaphne calyculata*, *Salix myrtilloides*, *Ledum palustre* L., *Vaccinium uliginosum*, *Andromeda polifolia*, *Calamagrostis stricta* (Timm) Koeler., *Sphagnum divinum*, *Polypodium strictum* Menzies ex Brid., *S. centrale*, *S. balticum*, *S. angustifolium*).

12. Ивняково-травяные (*Salix rosmarinifolia* var. *brachypoda*, *Salix abscondita* Laksch., *Anemone udensis*, *Anemonidium dichotomum*), местами спирейно-вейниковые (*Calamagrostis langsdorffii*, *Spiraea salicifolia*) комплексы низкой сырой и заболоченной поймы.

Каждый из типов растительных сообществ тяготеет к одному или нескольким генетическим типам рельефа. Хотя, как показывает анализ морфометрических показателей поверхности, распространен в аналогичных по характеру и степени увлажнения диапазонах местоположений.

В ходе обработки полевых материалов и ДДЗ было определено, что значительным фактором, определяющим современное состояние и динамику геосистем, является пирогенный. Так, осенью 2016 г. пожаром было пройдено более 80% территории ООПТ. Для более детальной оценки масштаба вли-

яния пожаров были проанализированы ДДЗЗ за 23 года, с 1996 по 2018 гг. (диапазон определялся доступностью спутниковых данных). Использовались данные со спутников Landsat 5, 7, 8 (31 снимок), Aster (36 снимков), Sentinel – 2 (17 снимков). Анализ полученных результатов показал значительный масштаб и высокую периодичность пирогенного воздействия (табл. 1, рис. 4). Только за последние 23 года 58% территории заповедника «Болоньский» подверглось прогоранию четыре и более раз, тогда как менее 6% не были пройдены пожаром.

Однако надо отметить, что сроки прохождения и характер палов способствуют минимизации воздействия на геосистемы территории. Практически все пожары носят характер травяных палов и происходят в весенний (после схода снега и до начала вегетации) и осенний (после окончания вегетации) периоды.

Экспедиционные материалы подтверждают то, что, несмотря на периодически повторяющееся воздействие пожаров на геосистемы территории, сукцессионные процессы имеют высокую интенсивность и направлены на восстановление исходного состояния ландшафтов. Тем не менее, влияние постоянных пожаров приводит к увеличению трофности болотных и лугово-болотных экосистем и увеличению в них доли видов, более требовательных к минеральному питанию почв. В связи с тем, что воздействие пожаров на территорию началось как минимум 80 лет назад (с ввода в эксплуатацию железной дороги Хабаровск – Комсомольск-на-Амуре в 1940 г.), в настоящее время отсутствуют данные об исходном состоянии геосистем. Тем не менее, сравнительный анализ полученных материалов с данными о развитии болотных систем (Прозоров, 1965) позволяет рассматривать геосистемы территории как условно коренные.

Таблица 1. Площади территорий с различной повторяемостью пожаров в пределах заповедника «Болоньский» за 1996–2016 гг.

Table 1. Areas with different wildfire frequency in the Bolonsky State Nature Reserve during 1996–2016

Повторяемость пожаров, раз Wildfire frequency, times	Площадь, % Area, %
0	5.9
1	9.7
2	12.7
3	13.0
4	29.5
5	21.2
6	4.0
7	2.4
8	1.2
9	0.3

В результате комплексного анализа полученных данных и имеющихся картографических материалов была разработана карта ландшафтов территории ГПЗ «Болоньский» с уровнем детализации, соответствующим масштабу 1:100 000.

По классификации Исаченко (1985), изучаемые ландшафты заповедника «Болоньский» относятся к бореальному типу типично притихоокеанскому подтипу дальневосточных подтаежных ландшафтов класса низменных и возвышенных озерно-аллювиальных равнин. В пределах данного класса выделяются два вида ландшафтов: низменных озерно-аллювиальных равнин и пойм рек. В пределах последних выделено 23 вида урочищ, относящихся к 4 типам местности (табл. 2, рис. 5).

В ходе анализа полученных данных выделены закономерности распределения типов местности и соответствующих им видов урочищ.

Тип местности I. Плоская равнина с преобладанием слабопроточных с застойным увлажнением поверхностей и западин на средне- и верхнечетвертичных песках, глинах, гравии (Q III–IV), с превышением над поймой 1 м, перепадами высот до 1 м.

Данный тип местности охватывает припойменную зону р. Симми в ее левобережной части и приустьевую часть р. Харпи в северо-восточной части заповедника (14.4% его территории), располагаясь на аллювиальных отложениях древней поймы.

Незначительные превышения рельефа формируют условия с застойным увлажнением, способствующие развитию доминирующих в этом типе местности урочищ с сочетаниями кустарниково-вейниково-осоковых лугов и низинных травяных болот (более 38% площади), мохово-травяных болот (около 31%). Реже встречаются урочища с березово-осиново-ольховыми колками (единично – с участием лиственницы). Ближе к пойме – сочетание мелкоконтурных луговых и болотных комплексов, закустаренных растительных сообществ. Несмотря на наличие сообществ лиственничных редколесий с березой плосколистной и ольхой (*Larix cajanderi*, *Betula platyphylla*, *Alnus hirsuta*), отмечено отсутствие живых экземпляров лиственницы после наводнения 2016 г. и предшествующего ему пожара.

Тип местности II. Плоская и пологоволнистая аккумулятивная равнина правобережной части реки Симми с береговыми валами, релками и межречными понижениями, с превышением над поймой 2.0–2.5 м, перепадом высот 0.3–0.5 м, на озерно-аллювиальных четвертичных отложениях (Q III–IV). Площадь – 18.8% территории.

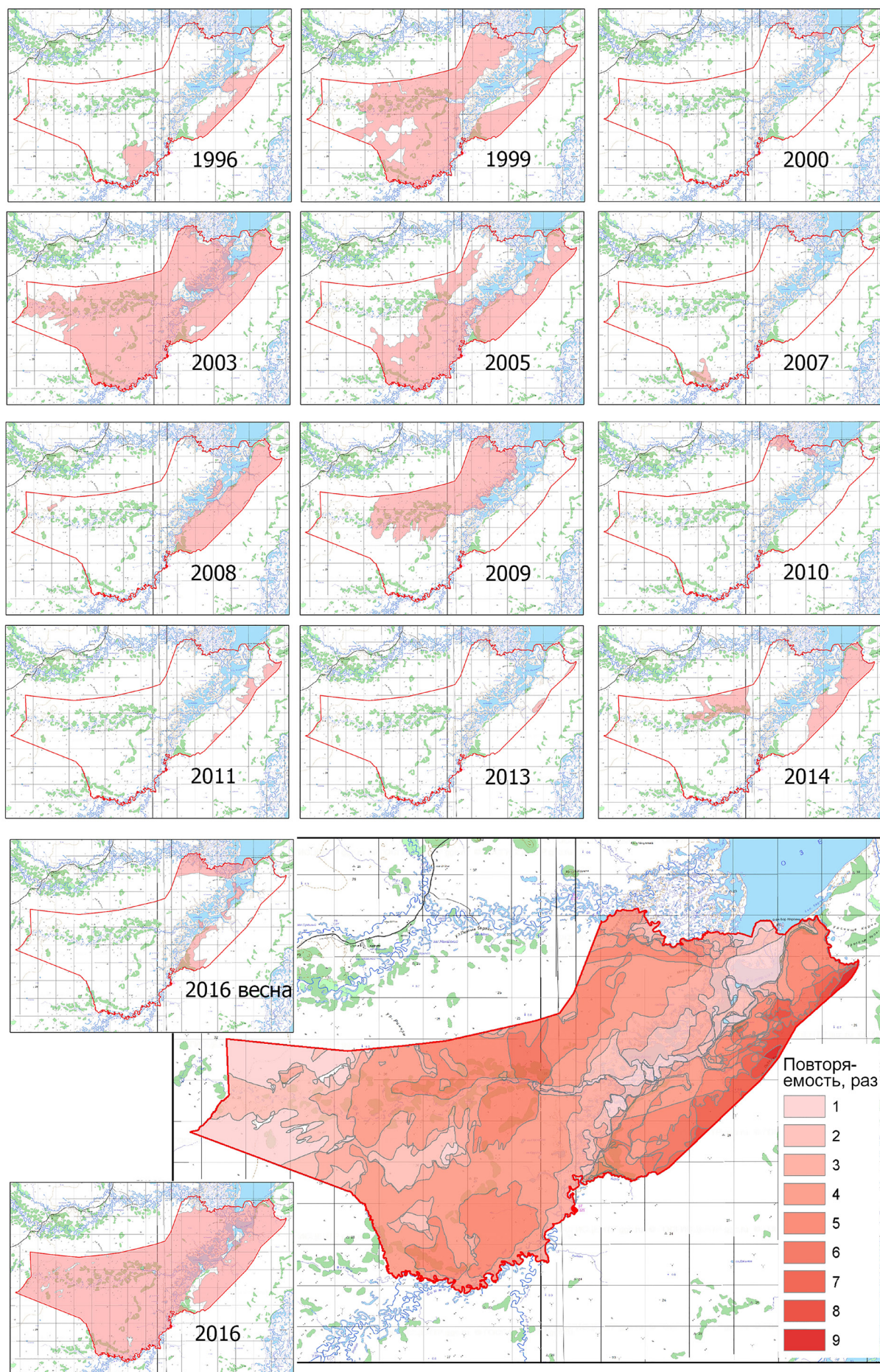


Рис. 4. Распространение и повторяемость пожаров в пределах территории заповедника «Болонский» за 1996–2016 гг.
Fig. 4. The distribution and frequency of wildfires in the Bolonsky State Nature Reserve during 1996–2016.

Таблица 2. Ландшафтная структура заповедника «Болоньский»
Table 2. Landscape structure in the Bolonsky State Nature Reserve

Тип местности	Вид урочищ	Обозначение	Описание геосистем	Площадь	
				км ²	%
Низменная аккумулятивная равнина с абсолютными высотами до 200 м					
I.	Плоская равнина с преобладанием слабопроточных и западных с застойным увлажнением поверхностей с превышением над поймой до 1.5 м			154.81	14.42
1		с белоберезово-осиновыми лесами (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Populus tremula</i> var. <i> davidiana</i>) с примесью <i>Alnus hirsuta</i> и <i>Larix cajanderi</i> в сочетании с ерниковыми зарослями (<i>Betula fruticosa</i>), сырыми лугами и низинными травяными болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	1.76	0.16	
2		с лиственничным редколесьем (<i>Larix cajanderi</i>) с <i>Betula platyphylla</i> и <i>Alnus hirsuta</i> на невысоких релках в сочетании с ерниковыми зарослями (<i>Betula fruticosa</i>), влажными и сырыми лугами и низинными травяными болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	3.73	0.35	
3		с ерниковыми зарослями (<i>Betula fruticosa</i>) в сочетании с угнетенным белоберезово-лиственнично-ольховым редколесьем (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Larix cajanderi</i> , <i>Alnus hirsuta</i>) на торфяно- и торфянисто-глеевых почвах	1.99	0.19	
4		с кустарниково-вейниково-осоковыми лугами (<i>Alnus hirsuta</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix myrtilloides</i> , <i>Salix rosmarinifolia</i> var. <i>brachypoda</i> , <i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Carex cespitosa</i>) в сочетании с низинными травяными болотами на торфянисто- и торфяно-глеевых, торфяных болотных почвах	59.07	5.50	
5		с сырыми заболоченными лугами (<i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Carex appendiculata</i>) и низинными травяными болотами (<i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Carex cespitosa</i> var. <i>minuta</i> , <i>C. cespitosa</i> , <i>C. schmidtii</i>) на торфянисто- и торфяно-глеевых, торфяных болотных почвах	26.23	2.44	
6		с закустаренными лугами (<i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Spiraea salicifolia</i>) и низинными травяными болотами на луговых дерново-глеевых и торфяных болотных почвах	14.23	1.33	
7		с низинными травяными, травяно-сфагновыми (<i>Carex pseudocuraica</i> , <i>C. cespitosa</i> var. <i>minuta</i> , <i>C. lasiocarpa</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Eriophorum gracile</i> , <i>Sphagnum inundatum</i> , <i>S. jensenii</i> , <i>S. flexuosum</i>) и кустарничково-травяно-сфагновыми болотами (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Carex appendiculata</i> , <i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Sphagnum imbricatum</i> , <i>S. centrale</i> , <i>S. divinum</i> , <i>S. jensenii</i> , <i>S. inundatum</i>) на торфяных болотных почвах	47.79	4.45	
II.	Плоская и пологоволнистая равнина правобережной части реки Симми с превышением над поймой 2–2.5 м			202.02	18.82
8		с широколиственно-мелколиственными лесами разнотравно-папоротниковыми (<i>Quercus mongolica</i> , <i>Populus tremula</i> var. <i> davidiana</i> , <i>Pteridium latiusculum</i> , <i>Artemisia rubripes</i> , <i>Anemonoides udensis</i>) по высоким (0.5–2.5 м) релкам на буроземах типичных и оглеенных	0.75	0.07	
9		с белоберезово-осиновыми лесами (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Populus tremula</i> var. <i> davidiana</i>) с примесью <i>Alnus hirsuta</i> , <i>Larix cajanderi</i> (низкие релки), <i>Quercus mongolica</i> и <i>Maackia amurensis</i> (береговые валы) в сочетании с ерниковыми зарослями, влажными и сырыми лугами, и низинными травяными болотами на торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	6.68	0.62	
10		с ерниковыми зарослями (<i>Betula fruticosa</i>) в сочетании с угнетенным белоберезово-лиственнично-ольховым редколесьем (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Larix cajanderi</i> , <i>Alnus hirsuta</i>) на торфяно- и торфянисто-глеевых почвах	34.19	3.18	
11		с кустарниково-вейниково-осоковыми лугами (<i>Alnus hirsuta</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix myrtilloides</i> , <i>Salix rosmarinifolia</i> var. <i>brachypoda</i> , <i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Carex cespitosa</i>) в сочетании с низинными травяными болотами на торфянисто- и торфяно-глеевых, торфяных болотных почвах	80.12	7.46	
12		с мохово-травяными и травяными болотами (<i>Carex pseudocuraica</i> , <i>C. cespitosa</i> var. <i>minuta</i> , <i>Carex limosa</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Sanguisorba</i> × <i>tenuifolia</i> var. <i>tenuifolia</i> , <i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.) Warnst) на торфяных болотных почвах	80.29	7.48	
III.	Плоская и слабоволнистая равнина левобережной части реки Симми с превышениями над поймой 2.5–3.0 м			478.76	44.59
13		с широколиственно-мелколиственными лесами разнотравно-папоротниковыми (<i>Quercus mongolica</i> , <i>Populus tremula</i> var. <i> davidiana</i> , <i>Pteridium latiusculum</i> , <i>Artemisia rubripes</i> , <i>Anemonoides udensis</i>) по высоким релкам (превышения 0.5–2.5 м) на буроземах типичных и оглеенных	6.31	0.59	
14		с белоберезово-осиновыми (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Populus tremula</i> var. <i> davidiana</i>) с примесью <i>Alnus hirsuta</i> и <i>Larix cajanderi</i> в сочетании с ерниковыми зарослями, влажными и сырыми лугами и низинными травяными болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	20.89	1.95	
15		с лиственничным редколесьем (<i>Larix cajanderi</i>) с <i>Betula platyphylla</i> , <i>Alnus hirsuta</i> на невысоких релках в сочетании с ерниковыми зарослями, влажными и сырыми лугами, низинными травяными болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	30.20	2.81	
16		с ерниковыми зарослями (<i>Betula fruticosa</i>) в сочетании с угнетенным белоберезово-лиственнично-ольховым редколесьем (<i>Betula platyphylla</i> , <i>Larix cajanderi</i> , <i>Alnus hirsuta</i>) на торфяно- и торфянисто-глеевых почвах	10.89	1.01	
17		с кустарниково-вейниково-осоковыми сообществами (<i>Alnus hirsuta</i> , <i>Betula fruticosa</i> , <i>Salix myrtilloides</i> , <i>Salix rosmarinifolia</i> var. <i>brachypoda</i> , <i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Carex cespitosa</i>) в сочетании с низинными травяными и кустарничково-травяно-сфагновыми болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, торфяных болотных почвах	155.87	14.52	
18		с кустарничково-травяно-сфагновыми болотами (<i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Carex appendiculata</i> , <i>Calamagrostis langsdorffii</i> , <i>Sphagnum imbricatum</i> , <i>S. centrale</i> , <i>S. divinum</i> , <i>S. jensenii</i> , <i>S. inundatum</i>) на торфяных болотных почвах	50.74	4.73	
19		с травяно-сфагновыми мочажинно-грядовыми болотами (<i>Salix myrtilloides</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Chamaedaphne calyculata</i> , <i>Sphagnum balticum</i> , <i>S. divinum</i>) на торфяных болотных почвах	82.42	7.68	
20		с травяно-сфагновыми грядово-мочажинными болотами (<i>Carex limosa</i> , <i>Andromeda polifolia</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Sphagnum divinum</i> , <i>S. obtusum</i>) на торфяных болотных почвах	58.87	5.48	

21		с грядово-ложбинными болотами (Carex limosa, C. meyeriana Kunth., Eriophorum vaginatum, Chamaedaphne calyculata, Salix myrtiloides, Ledum palustre, Vaccinium uliginosum, Andromeda polifolia, Calamagrostis stricta, Sphagnum divinum, Polytrichum strictum, S. centrale, S. balticum, S. angustifolium) на торфяных болотных почвах	62.57	5.83
IV.		Многорукавная заболоченная пойма с перепадами высот до 0.5 м	238.11	22.18
22		с белоберезово-осиновыми (Betula platyphylla, Populus tremula var. davidiana) с примесью Alnus hirsuta и Larix cajanderi в сочетании ерниковыми зарослями, влажными и сырыми травяными лугами, и низинными болотами на торфянисто-глеевых, луговых дерново-глеевых, торфяных болотных почвах	0.49	0.05
23		с ивняково-травяными комплексами (Salix rosmarinifolia var. brachypoda, Salix abscondita Laksch., Anemone udensis, Anemonidium dichotomum) низкой сырой и заболоченной поймы на пойменных слоистых, торфянисто-глеевых почвах	237.62	22.13
Итого			1073.7	100

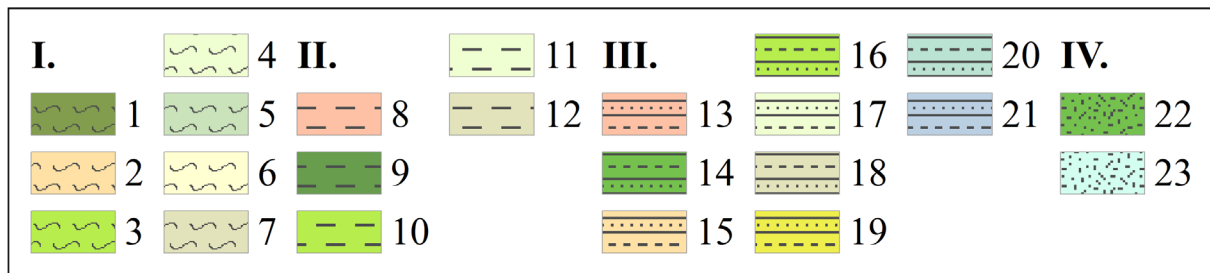
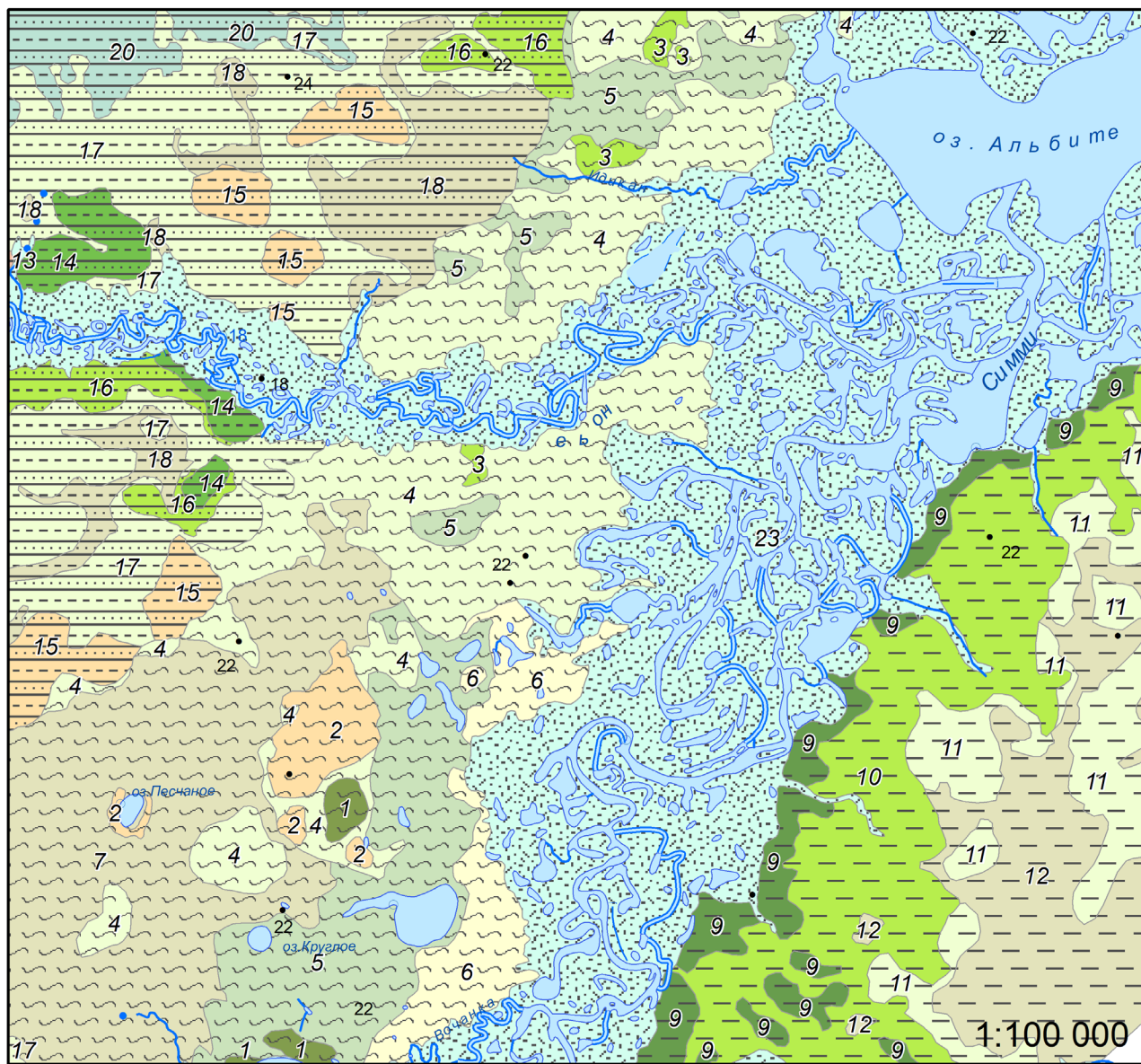


Рис. 5. Ландшафтная карта территории заповедника «Болонский» (фрагмент). Масштаб: 1 : 100 000. Условные обозначения представлены в табл. 2.

Fig. 5. Landscape map of the Bolonsky State Nature Reserve (fragment). Scale: 1 : 100 000. Designations are present in Table 2.

Основную часть (почти 80% площади) занимают кустарниково-вейниково-осоковые луговые сообщества (с березой кустарниковой, ольхой, голубикой) в сочетании с травяными, травяно-моховыми и моховыми болотами на торфяно- и торфянисто-глеевых, торфяных болотных почвах. Формирование значительных площадей лугов на месте релок с древесной растительностью и травяно-моховых болот связано с постоянными пожарами (самая высокая кратность прогорания – см. рис. 4). На невысоких релках, соответствующих уступам террас, распространены мелколиственно-широколиственные разнотравно-папоротниковые леса (около 0.37% площади данного типа местности), а также белоберезово-осиновые леса с примесью ольхи и лиственницы лесами с участием ерника, травяных лугов и болот (3.31%). Большие площади занимают урочища с ерниковыми зарослями с колками угнетенного белоберезово-лиственнично-ольхового редколесья (16.9%).

Тип местности III. Плоская и слабоволнистая аккумулятивная равнина левобережной части реки Симми с невысокими релками (высотой до 0.5 м) и межречными понижениями, с превышениями над поймой 2.5–3.0 м, перепадом высот 0.3–0.5 м, на неоген-четвертичных аллювиальных отложениях. Урочища данного типа местности охватывают бассейн р. Сельгон (до водораздела с р. Харпи) (более 4.6% площади). Особенностью территории является положение в наибольшем удалении от озера Болонь (абсолютные высоты до 30 м н.у.м.) на подстилающих озерно-аллювиальных породах неоген-четвертичного возраста. Для нее характерно широкое распространение болот грядово-мочажинного и грядово-ложбинного типа (42.6%), охватывающих плоские слабовогнутые междуречные пространства рек Сельгон и Симми. На участках поверхности, расположенных ближе к пойме, доминируют кустарниково-вейниково-осоковые сообщества в сочетании с низинными травяными и кустарниково-травяно-сфагновыми болотами (32.6%). Лиственнично-мелколиственные растительные ассоциации сохранились только в этой части ООПТ по релкам, занимая площадь около 6.31%.

Тип местности IV. Многоорукавная заболоченная пойма с перепадами высот до 0.5 м на верхнечетвертичных аллювиальных отложениях (песок, глина, галечник).

Доля данного типа местности от общей площади заповедника «Болоньский» составляет 23.8%. Доминируют ивняково-травяные комплексы с вейниковыми и осоковыми лугами низкой сырой и заболоченной поймы на пойменных сло-

истых, торфянисто-глеевых почвах, занимающие 99% данного типа местности.

Обсуждение

Полученные результаты, прежде всего площадная структура ландшафтных выделов (табл. 2), говорят о доминирующем значении морфометрических и генетических характеристик рельефа, определяющих характер и степень увлажнения, в формировании растительного покрова и ландшафтов территории. Незначительные перепады высот и затрудненный водообмен предопределили широкое распространение в пределах района работ лугово-болотных и болотных ландшафтов. Это характерно и для всей территории Среднеамурской низменности (Климина, 2016; Климина и др., 2017; Остроухов, Климина, 2017). Отмечено значительное влияние на морфоструктуру ландшафтов пожаров и катастрофических наводнений. Наибольшее воздействие пирогенного фактора отмечается для северо-восточной части заповедника «Болоньский» (тип местности II), однако в зоне риска находятся и другие части его территории, т.к. степень доступности территории достаточно высока. Для получения более полной картины происходящих изменений в пространственно-временной динамике необходимо проведение регулярных исследований на ключевых участках, впервые выделенных для этой территории. Заболоченность территории является фактором, в значительной мере затрудняющим проведение экспедиционных, в том числе и картографических работ. В этих условиях использование БПЛА в значительной мере облегчает работу исследователей. Материалы аэрофотосъемки сверхвысокого разрешения позволили провести ландшафтное картографирование ключевых участков на фациальном уровне (масштаб 1:10 000) и сформировать базу эталонных участков для интерпретации ДДЗЗ. Наряду с ортофотомозаикой, важным источником географической информации является цифровая модель местности, анализ которой предоставил большой объем информации, такой как взаимное гипсометрическое положение геосистем и гипсометрический профиль территории; характеристики микрорельефа ландшафтных выделов, высоту отдельно стоящих деревьев в пределах луговых и болотных ландшафтов.

Полученные на основе аэрофотосъемки ландшафтные карты ключевых участков в масштабах 1:5 000 – 1:10 000 использовались для характеристики внутриландшафтной организации террито-

рии и уточнения границ ландшафтных контуров, выделяемых на основе ДДЗЗ (особенно «размытых» участков экотонов лес – луг – болото).

Таким образом, наш опыт экспедиционных работ в условиях труднопроходимой местности подтверждает отмеченную многими исследователями (Лагун, 2009; Бузмаков и др., 2015; Медведев, Алексеенко, 2017; Санников, 2015; Lu & He, 2017) высокую значимость использования ДДЗЗ и аэрофотосъемки с БПЛА для создания карт растительного покрова и ландшафтов территории.

Эти карты, по мнению Черных (2015) и Алексеенко (2014) являются основой для решения целого комплекса научно-организационных, фундаментальных и мониторинговых задач, таких как:

- планирования учетных маршрутов, постоянных и временных пробных площадей в соответствии с ландшафтной структурой;
- изучения приуроченности отдельных видов растений и животных, в том числе редких и нуждающихся в охране;
- экстраполяции результатов наблюдений, описаний и измерений, полученных в конкретных ландшафтных выделах на другие участки с аналогичными ландшафтными условиями;
- выявления закономерностей пространственного распределения качественных и количественных характеристик биоты.

Заключение

В ходе работ в 2017–2018 гг. на основе имеющихся литературных и картографических (прежде всего, геоинформационных) данных, материалов полевых работ созданы карты типов рельефа, классов растительности и ландшафтов территории заповедника «Болоньский» в масштабе 1:100 000.

Предварительный анализ полученных результатов показал, что, несмотря на периодически повторяющееся воздействие пожаров на геосистемы территории, сукцессионные процессы имеют высокую интенсивность и направлены на восстановление исходного состояния природных комплексов. Ландшафты ООПТ в настоящее время отражают структуру ландшафтной среды северной части Среднеамурской низменности. Сравнительный анализ полученных материалов с данными о развитии болотных геосистем Приамурья позволяет рассматривать геосистемы территории как условно коренные.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность дирекции ФГБУ «Заповедное Приамурье» и коллективу заповедни-

ка «Болоньский» за оказанную финансовую поддержку и содействие в полевых исследованиях. Исследование выполнено в рамках научного проекта №17-I-1-024э «Отработка методики крупномасштабного тематического картирования труднодоступных территорий с использованием данных ДЗЗ высокого пространственного разрешения и аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на базе ГПЗ «Болоньский» (Раздел 9)».

Литература

- Алексеенко Н.А. 2014. Методические особенности картографического обеспечения природоохранной деятельности особо охраняемых природных территорий России // Вестник Московского университета. Серия 5: География. №1. С. 52–57.
- Анисимов В.М. 1973. Типология болот северо-восточной части Среднеамурской низменности // Биотические компоненты экосистем южной части Дальнего Востока. Т. 14. Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР. С. 67–72.
- Антонова Л.А. 2006. Растительный покров ГПЗХ «Болоньский» как объект мониторинга биоразнообразия // Научные исследования природных комплексов Среднеамурской низменности. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 44–53.
- Бузмаков С.А., Андреев Д.Н., Санников П.Ю. 2015. Применение беспилотного летательного аппарата при исследовании состояния лесов // Геология, география и глобальная энергия. Т. 59(4). С. 60–69.
- Геоморфологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000. Москва: ГУГК, 1985. 16 с.
- Глибко О.Я., Барсова А.В. 2014. Методические основы организации и ведения экологического мониторинга на территории национальных парков // Проблемы региональной экологии. №4. С. 137–142.
- Гнатюк Е.П., Антипина Г.С. 2001. Методы сбора и анализа флористических данных // Методы полевых и лабораторных исследований растений и растительного покрова. Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет. С. 126–146.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Лист М-53. Хабаровск. Комплект цифровых материалов по листу М-53 Госгеолкарты-1000/3 Российской Федерации. МПР России, Федеральное агентство по недропользованию, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «Дальгеофизика», 2006а.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (3-е поколение). Лист М-53. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006б. 281 с.
- Гудилин И.С. (ред.). 1987. Ландшафтная карта СССР. Масштаб 1:2 500 000. М.: Министерство геологии СССР.
- Ерискина Т.О., Кашенко Н.А., Наместникова И.А., Никольский Е.К. 2013. Применение современных информационных методов и технологий для целей мониторинга особо охраняемых природных

- территорий // Приволжский научный журнал. №1. С. 113–118.
- Ерунова М.Г., Гостева А.А., Якубайлик О.Б. 2008. Геоинформационное обеспечение задач экологического мониторинга особо охраняемых территорий // Журнал СФУ. Техника и технологии. №4. С. 366–376.
- Занозин В.В. 2016. Применение ГИС-технологий в ландшафтоведении // Научно-технический прогресс: актуальные и перспективные направления будущего. Т. 2. Кемерово: ЗапСибНЦ. С. 19–20.
- Исаченко А.Г. 1985. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ. 320 с.
- Карта четвертичных образований масштаба 1:1 000 000. Карта дочетвертичных образований масштаба 1:1 000 000. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (3-е поколение). Серия Дальневосточная. Лист М-53 Хабаровск. Объяснительная записка. Санкт-Петербург: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2009. 376 с.
- Климина Е.М. 2016. Среднеамурская низменность в свете современных ландшафтных исследований // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Владивосток: Дальнаука. С. 203–207.
- Климина Е.М., Остроухов А.В., Крюкова М.В., Антонова Л.А. 2017. Разработка серии ландшафтных карт особо охраняемых природных территорий Хабаровского края // XII Дальневосточная конференция по заповедному делу. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН. С. 128–129.
- Корчагин А.А. 1964. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника. Т. 3. М.-Л.: Наука. С. 39–62.
- Кузьменко С.П. 1989а. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская и Сихотэ-Алинская. Листы М-53-XXII (Харпи), М-53-XXIII (Болонь), М-53-XXIV (р. Манома). Объяснительная записка. М.: ВСЕГЕИ. 167 с.
- Кузьменко С.П. 1989б. Государственная геологическая карта СССР. Масштаба 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская и Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXII (Харпи). М.: ВСЕГЕИ.
- Кузьменко С.П. 1989в. Государственная геологическая карта СССР. Масштаба 1:200 000. Серия Хингано-Буреинская и Сихотэ-Алинская. Лист М-53-XXIII (Болонь). М.: ВСЕГЕИ.
- Лагун С.Г. 2009. Мониторинг биоразнообразия горных ландшафтов средствами геоинформационных технологий (на примере Тебердинского государственного природного биосферного заповедника). Автореф. дис. канд. геогр. наук. Ставрополь. 21 с.
- Махинов А.Н. 2006. Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука. 232 с.
- Медведев А.А., Алексеенко Н.А. 2017. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов для тематического крупномасштабного картографирования // Вопросы географии. №144. С. 408–426.
- Миллер Г.П. 1974. Ландшафтные исследования горных и предгорных территорий. Львов: Изд-во Львов. ун-та. 202 с.
- Немцева Л.Д., Беспалова Л.А. 2010. Картографирование ландшафтов островного участка заповедника «Ростовский» с использованием космических снимков // Вестник Южного научного центра РАН. Т. 6(1). С. 62–70.
- Остроухов А.В., Климина Е.М. 2017. Взаимосвязь генетических типов рельефа и растительного покрова Среднеамурской низменности // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: территориальная организация и динамика. Владивосток: Дальнаука. С. 162–168.
- Поликарпова Н.В. 2006. Ландшафтная карта заповедника «Пасвик» как научная основа «летописи природы». Дисс. ... канд. геогр. наук. Москва. 255 с.
- Потапенко Ю.Я. 2009. Ландшафтно-геоэкологические исследования и картирование горных территорий (на примере Приэльбрусья). Карачаевск: КЧГУ. 264 с.
- Прозоров Ю.С. 1965. Динамика и особенности заболачивания низменности в бассейне оз. Болонь // Особенности болотообразования в некоторых лесных и предгорных районах Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука. С.47–74.
- Прозоров Ю.С. 1985. Закономерности развития, классификация и использование болотных биогеоценозов. М.: Наука. 207 с.
- Пьявченко Н.И., Козловская Л.С. 1974. Изучение болотных биогеоценозов // Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука. С. 267–280.
- Санников П.Ю. 2015. Опыт применения беспилотного летательного аппарата для исследований ландшафтного заказника «Предуралье» // Антропогенная трансформация природной среды. №1. С. 255–259.
- Скрипко В.В., Головина А.А. 2016. Геоинформационное обеспечение экологического мониторинга особо охраняемых природных территорий // Вестник современной науки. №1. С. 149–152.
- Соловьев В.С. 2006. К почвенному покрову Болоньского заповедника и особенностям его почвообразования // Научные исследования природных комплексов Среднеамурской низменности. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН. С. 17–24.
- Фридланд В.М. (ред.). 1988. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000. М.: ГУГК.
- Чемеков Ю.Ф. 1960. Геоморфологическая карта Приамурья и смежных территорий. Масштаб 1:1 500 000. М.: ВСЕГЕИ.
- Черных Д.В. 2015. Ландшафтное картографирование в заповедниках // Труды Тигирекского заповедника. Вып. 7. С. 176–180.
- 30-Meter SRTM Elevation Data Downloader. 2000. Available from: <http://dwtkns.com/srtm30m/>
- Amani M., Salehi B., Mahdavi S., Brisco B. 2018. Spectral analysis of wetlands using multi-source optical satellite imagery // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. 144. P. 119–136. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.07.005

- Dandois J.P., Ellis E.C. 2013. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision // *Remote Sensing of Environment*. Vol. 136. P. 259–276. DOI: 10.1016/j.rse.2013.04.005
- Dietrich J.T. 2016. Riverscape mapping with helicopter-based Structure-from-Motion photogrammetry // *Geomorphology*. Vol. 252. P. 144–157. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.05.008
- EarthExplorer. 2017. Available from: <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Geyer J.P., Stoms D.M., Davis F.W., Wittstock B. 2010. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use // *International Journal of Life Cycle Assessment*. Vol. 15. P. 692–703. DOI: 10.1007/s11367-010-0199-9
- von Haaren C., Lovett A.A., Albert C. 2019. Landscape planning with ecosystem services – theories and methods for application in Europe. Landscape Series 24. Dordrecht: Springer Nature. 506 p.
- Komárek J., Klouček T., Prošek J. 2018. The potential of Unmanned Aerial Systems: A tool towards precision classification of hard-to-distinguish vegetation types? // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Vol. 71. P. 9–19. DOI: 10.1016/j.jag.2018.05.003
- Lu B., He Y. 2017. Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-acquired high spatial resolution imagery in a heterogeneous grassland // *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Vol. 128. P. 73–85. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.03.011
- Turner W., Spector S., Gardiner N., Fladeland M., Sterling E., Steininger M. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation // *Trends in Ecology and Evolution*. Vol. 18(6). P. 306–314. DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00070-3
- Buzmakov S.A., Andreev D.N., Sannikov P.Yu. 2015. The use of unmanned aerial vehicle in the study of forest conditions. *Geology, Geography and Global Energy* 4(59): 60–69. [In Russian]
- Chemekov Yu.F. 1960. *Geomorphological map of the Middle Amur Region and adjacent areas. Scale 1:1 500 000*. Moscow: VSEGEI. [In Russian]
- Chernykh D.V. 2015. Landscape mapping in nature reserves. *Proceedings of the Tigirek State Nature Reserve* 7: 176–180. [In Russian]
- Dandois J.P., Ellis E.C. 2013. High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision. *Remote Sensing of Environment* 136: 259–276. DOI: 10.1016/j.rse.2013.04.005
- Dietrich J.T. 2016. Riverscape mapping with helicopter-based Structure-from-Motion photogrammetry. *Geomorphology* 252: 144–157. DOI: 10.1016/j.geomorph.2015.05.008
- EarthExplorer. 2017. Available from: <https://earthexplorer.usgs.gov>
- Eriskina T.O., Kashchenko N.A., Namestnikova I.A., Nikolsky E.K. 2013. Application of modern information methods and technologies for the monitoring of Protected Areas. *Privolzhsky Scientific Journal* 1: 113–118. [In Russian]
- Erunova M.G., Gosteva A.A., Yakubaylik O.B. 2008. Geoinformation support for environmental monitoring of Protected Areas. *Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies* 4: 366–376. [In Russian]
- Fridland V.M. (Ed.). 1988. *Soil map of the USSR. Scale 1:2 500 000*. Moscow: GUGK. [In Russian]
- Geomorphological map of the USSR at the scale of 1:2 500 000. M.: GUGK, 1985. 16 p. [In Russian]
- Geyer J.P., Stoms D.M., Davis F.W., Wittstock B. 2010. Coupling GIS and LCA for biodiversity assessments of land use. *International Journal of Life Cycle Assessment* 15: 692–703. DOI: 10.1007/s11367-010-0199-9
- Glibko O.Ya., Barsova A.V. 2014. Methodological basis for the organisation and conduction of environmental monitoring in the national parks. *Problems of Regional Ecology* 4: 137–142. [In Russian]
- Gnatyuk E.P., Antipina G.S. 2001. Methods of collection and analysis of floristic data. In: *Methods of field and laboratory studies of plants and vegetation cover*. Petrozavodsk: Petrozavodsk State University. P. 126–146. [In Russian]
- Gudilin E.S. (Ed.). 1987. *Landscape map of the USSR. Scale 1:2 500 000*. Moscow: Ministry of Geology of the USSR. [In Russian]
- von Haaren C., Lovett A.A., Albert C. 2019. *Landscape planning with ecosystem services – theories and methods for application in Europe*. Landscape Series 24. Dordrecht: Springer Nature. 506 p.
- Isachenko A.G. 1985. *Landscapes of USSR*. Leningrad: Leningrad State University. 320 p. [In Russian]
- Klimina E.M. 2016. Middle-Amur lowland in view of the modern landscape studies. In: *Geosystems and their components in the Northeast Asia: the evolution and dynamics of natural, natural-resource and socio-eco-*

References

- 30-Meter SRTM Elevation Data Downloader. 2000. Available from: <http://dwtkns.com/srtm30m/>
- Alexeenko N.A. 2014. Specific methodological features of cartographic support of the activities of nature protection areas in Russia. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya* 1: 52–57. [In Russian]
- Amani M., Salehi B., Mahdavi S., Brisco B. 2018. Spectral analysis of wetlands using multi-source optical satellite imagery. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 144: 119–136. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2018.07.005
- Anisimov V.M. 1973. Mire typology in the northeastern part of the Middle Amur Lowland. In: *Biotic components of ecosystems in the southern part of the Russian Far East*. Vol. 14. Khabarovsk: Khabarovsk Complex Research Institute FESC AS USSR. P. 67–72. [In Russian]
- Antonova L.A. 2006. The vegetation cover in the Bolonsky State Natural Reserve as a biodiversity monitoring object. In: *Research of natural complexes in the Middle Amur Lowland*. Khabarovsk: IWEP FEB RAS. P. 44–53. [In Russian]

- onomic relations. Vladivostok: Dalnauka. P. 203–207. [In Russian]
- Klimina E.M., Ostroukhov A.V., Kryukova M.V., Antonova L.A. 2017. Establishment of a series of landscape maps of Protected Areas in the Khabarovsk Krai. In: *XII Far Eastern Conference on Reserve Management*. Birobidzhan: ICARP FEB RAS. P. 128–129. [In Russian]
- Komárek J., Klouček T., Prošek J. 2018. The potential of Unmanned Aerial Systems: A tool towards precision classification of hard-to-distinguish vegetation types?. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 71: 9–19. DOI: 10.1016/j.jag.2018.05.003
- Korchagin A.A. 1964. The species (floristic) composition of plant communities and methods for its study. In: *Field Geobotany*. Vol. 3. Moscow; Leningrad: Nauka. P. 39–62. [In Russian]
- Kuzmenko S.P. 1989a. *State geological map of the USSR. Scale 1:200 000. Khingan-Bureya and Sikhote-Alin series. Sheets M-53-XXII (Kharpi), M-53-XXIII (Bolon), M-53-XXIV (Manoma river). Explanatory note*. Moscow: VSEGEI. 167 p. [In Russian]
- Kuzmenko S.P. 1989b. *State geological map of the USSR. Scale 1:200 000. Khingan-Bureya and Sikhote-Alin series. Sheet M-53-XXII (Kharpi)*. Moscow: VSEGEI. [In Russian]
- Kuzmenko S.P. 1989c. *State geological map of the USSR. Scale 1:200 000. Khingan-Bureya and Sikhote-Alin series. Sheet M-53-XXIII (Bolon)*. Moscow: VSEGEI. [In Russian]
- Lagun S.G. 2009. *Biodiversity monitoring in mountain landscapes using geoinformation technologies (the example of the Teberdinsky State Natural Biosphere Reserve)*. PhD Thesis Abstract. Stavropol. 21 p. [In Russian]
- Lu B., He Y. 2017. Species classification using Unmanned Aerial Vehicle (UAV)-acquired high spatial resolution imagery in a heterogeneous grassland. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 128: 73–85. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2017.03.011
- Makhinov A.N. 2006. *Modern relief formation in conditions of alluvial accumulation*. Vladivostok: Dalnauka. 232 p. [In Russian]
- Medvedev A.A., Alekseenko N.A. 2017. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles for thematic large-scale mapping. *Issues of Geography* 144: 408–426. [In Russian]
- Miller G.P. 1974. *Landscape research of mountain and foothill areas*. Lviv: Lviv University. 202 p. [In Russian]
- Nemtseva L.D., Bespalova L.A. 2010. Landscape mapping of the island site in the Rostov State Nature Reserve using satellite imagery. *Bulletin of the Southern Scientific Center of RAS* 6(1): 62–70. [In Russian]
- Ostroukhov A.V., Klimina E.M. 2017. The relationship of genetic types of relief and vegetation cover in the Middle Amur Lowland. In: *Geosystems in Northeast Asia: territorial organization and dynamics*. Vladivostok: Dalnauka. P. 162–168. [In Russian]
- Polikarpova N.V. 2006. *The landscape map of the Pasvik State Nature Reserve as the scientific basis for the «Chronicles of Nature»*. PhD Thesis Abstract. Moscow. 255 p. [In Russian]
- Potapenko Yu.Ya. 2009. *Landscape-geocological studies and mapping of mountainous territories (on the example of the Elbrus region)*. Karachaevsk: KChSU. 264 p. [In Russian]
- Prozorov Yu.S. 1965. Dynamics and features of lowland waterlogging in the Bolon Lake Basin. In: *Features of mire formation in some forest and foothill regions of Siberia and the Russian Far East*. Moscow: Nauka. P. 47–74. [In Russian]
- Prozorov Yu.S. 1985. *Patterns of development, classification and use of bog biogeocenoses*. Moscow: Nauka. 207 p. [In Russian]
- Pavchenko N.I., Kozlovskaya L.S. 1974. The study of mire biogeocenoses. In: *Programme and methodology of biogeocenotic studies*. Moscow: Nauka. P. 267–280. [In Russian]
- Quaternary deposits map of a scale 1:1 000 000. Pre-quaternary deposits map of a scale 1:1 000 000. State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Far Eastern series. Sheet M-53. Khabarovsk. Explanatory note. St. Petersburg: Map-making organization of VSEGEI, 2009. 376 p. [In Russian]
- Sannikov P.Yu. 2015. The experience of using an unmanned aerial vehicle for research in the Ural landscape sanctuary. *Anthropogenic transformation of the natural environment* 1: 255–259. [In Russian]
- Skipko V.V., Golovina A.A. 2016. Geoinformation support of environmental monitoring of Protected Areas. *Bulletin of Modern Science* 1: 149–152. [In Russian]
- Solovyev V.S. 2006. To the soil cover of the Bolonsky State Nature Reserve and the peculiarities of its soil formation. In: *Research of natural complexes in the Middle Amur Lowland*. Khabarovsk: IWEP FEB RAS. P. 17–24.
- State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Sheet M-53. Khabarovsk. Digital materials set according to sheet M-53 of the State Geomap-1000/3 of the Russian Federation. MNR of Russia, Federal Subsoil Use Agency, FSUE Russian Geological Research Institute (VSEGEI), FSUE Dalgeophysics, 2006a. [In Russian]
- State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1 000 000 (third generation). Sheet M-53. Explanatory note. St.-Petersburg: Publishing house of St.-Petersburg map-making organisation VSEGEI, 2006b. 281 p. [In Russian]
- Turner W., Spector S., Gardiner N., Fladeland M., Sterling E., Steiner M. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 18(6): 306–314. DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00070-3
- Zanozin V.V. 2016. Application of GIS-technologies in landscape science. In: *Scientific and technical progress: current and promising directions of the future*. Vol. 2. Kemerovo: Western Siberian Research Centre. P. 19–20. [In Russian]

LANDSCAPE MAPPING OF HARD-TO-REACH AREAS. A CASE STUDY FOR THE BOLONSKY STATE NATURE RESERVE (RUSSIA)

Andrei V. Ostroukhov*, Elena M. Klimina, Viktoria A. Kuptsova

Institute of Water and Ecology Problems FEB RAS, Russia

**e-mail: Ostran2004@bk.ru*

The system for monitoring the environmental state of Protected Areas should be based on landscape (geosystem) differentiation of an area represented by a number of landscape (geosystem) maps. Such a map shows combinations of interacting components and spatial elements of the natural environment as a single set. However, the development of such a cartographic basis for many Protected Areas in the Russian Far East and Siberia is a very labour-consuming process and it requires large investments due to a lack of knowledge and inaccessibility of such areas. The creation of a landscape map over relatively short time and maximally objectively is possible using methods for interpretation of aerial photos made by unmanned aerial vehicles (DJI Phantom 4) in combination with the Earth remote sensing data with a medium spatial resolution (Sentinel-2), field data and available literature sources. The Bolonsky State Nature Reserve (Khabarovsk Krai, Russia) was selected for this research. This area has an important international status. So, Lake Bolon and the mouths of the Selgon and Simmi rivers is Wetlands of International Importance; Lake Bolon is a Key Bird Area. The study of this area is difficult due to its location within the highly flooded and waterlogged northeastern part of the Middle Amur Lowland. During field studies in 2017–2018, we first studied the landscape structure of the Bolonsky State Nature Reserve. We created maps of relief types, vegetation classes and landscapes at the 1:100 000 scale. In addition, four key sites (scale of 1:5000) have been justified and described in detail as a «milestone» of spatio-temporal changes in wetland geosystems for long-term monitoring. Within the lowland aggraded plain, we have identified three subclasses of aggraded plains of alluvial, lacustrine and alluvial-lacustrine genesis with different combinations of meso- and microrelief. For 12 types of plant communities represented in the Bolonsky State Nature Reserve, their proportion was identified in the landscape structure of the Protected Area. There were larch and mixed larch-small-leaved forests, deciduous forests, small-leaved forests, forest-meadow, forest-wetland and floodplain complexes. For the first time, the paper describes in detail the plant associations of the mire and meadow-mire ecosystems occupying 80% of the area of the Bolonsky State Nature Reserve. On four key routes, a detailed descriptions of mire facies have been conducted using field research data and information from air photographic surveys using unmanned aerial vehicles. These data allowed us to obtain information about functioning of the ecosystems in the Bolonsky State Nature Reserve. The final map presented two types of one landscape class, which include 23 landtypes of the four terrene types. We showed that besides of natural factors, the geosystems of the Protected Area are affected significantly by wildfires having predominantly an anthropogenic origin. The data of Earth remote sensing obtained in 1996–2018 confirm the considerable effect of the wildfire influence on the landscapes of the Protected Area. At the same time, the obtained data indicate that post-fire successions have a high intensity being tended to restore the original status of geosystems. The Bolonsky State Nature Reserve has been affected by wildfires during more than 80 year. However, there are currently no data on the initial state of geosystems in the Protected Area. The comparison of the obtained results and data on the wetland development in the Middle Amur Lowland allowed us to consider the geosystems of this area as a unique «milestone» to study the wetland-developing processes in the south of the Far East.

Key words: air photographic survey, River Amur basin, Khabarovsk Krai, Earth remote sensing data, geo-information mapping, Russian Far East, unmanned aerial vehicle