УДК 528.9 (571.5)
DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-4-98-108

Картографирование структуры геосистем для проектирования экологической тропы на полуострове Святой Нос (озеро Байкал)

С. А. Седых[1]✉

[1] Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Российская Федерация

e-mail sedykh@li.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения и картографирования геосистем хребта полуострова Святой Нос и подгорных наклонных плато. Полевые исследования проводились в 2020–2021 гг. в рамках задачи проектирования (продления) экологической тропы от горы Макарова (1 878 м) до Чивыркуйского залива. Пожарами 2012 и 2015 гг. были нарушены значительные площади склоновых горно-таежных участков, подгольцового кустарниково-редколесного пояса и даже отдельные вершины гольцового пояса. Исследование направлено на изучение структуры геосистем (ландшафтов) с целью обоснования возможности прокладки полотна тропы при приоритете сохранения природных комплексов. При пространственном ГИС-анализе территории использовался регионально-типологической подход, разработанный в иркутской географической школе для регионов Азиатской России. Реализация подхода позволила выявить структуру геосистем полуострова на 2024 г. с учетом факторов природной динамики и последствий пожаров. Легенда карты отражает как региональные закономерности, так и местные особенности формирования и функционирования топологических геосистем. Разнообразие геосистем хребта обусловлено мозаичностью условий по крутизне и экспозиции склонов в условиях сильно расчлененного горного рельефа, развитых криогенных и склоновых процессов, а также полуаридного климата. Маршруты с описанием локальных ландшафтов и фотофиксацией выполнены: от берега озера через подгорную наклонную равнину, по южному подъему на хребет до подножия гольцового пояса, вдоль гребня хребта и далее по северному спуску в бухту Крестовскую. Для территории коридора тропы составлена типологическая карта масштаба 1 : 50 000, на которой выделено 43 типа топологических ландшафтов на площади 61 км². Эта базовая ландшафтно-типологическая карта служит основой для создания производных и специализированных карт оценки устойчивости и нарушенности геосистем.

Ключевые слова: озеро Байкал, полуостров Святой Нос, топологические геосистемы, ландшафтно-типологическая карта, экологическая тропа, данные ДЗЗ

Для цитирования:
Седых С. А. Картографирование структуры геосистем для проектирования экологической тропы на полуострове Святой Нос (озеро Байкал) // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 4. – С. 98–108. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-4-98-108

Введение

Особо охраняемая природная территория (ООПТ) «Заповедное Подлеморье» охватывает обширную и разнообразную территорию в трех субъектах охраны. Среди них Забайкальский национальный парк (ЗНП) имеет площадь 2 690 км² (включая акватории Чивыркуйского и Баргузинского заливов), а полуостров Святой Нос – 456 км². При этом реальная площадь горной местности значительно больше. В центральной части территории расположен отдельный Срединный хребет с высотами до 1 878 м, где проводились авторские полевые работы и картографирование геосистем.

*Картографическая изученность***.** Ландшафтные и отраслевые карты (геоморфологи-

ческие, почвенные, геоботанические) для территории ЗНП создавались в разные годы (1990–2010-е) и в различных масштабах. К ним относятся карты масштаба 1 : 500 000 – ландшафтные и оценочные [1]. К 2012 г. была составлена геоботаническая карта масштаба 1 : 200 000 [2], а также карта масштаба 1 : 500 000 [3]. Для отдельных полигонов и участков были созданы ландшафтные карты и планы [4] в период с 2000 по 2008 г. Ряд природных карт вошел в современную базовую документацию ООПТ «Заповедное Подлеморье».

Полевые работы на полуострове проводились в 2020–2021 гг. в рамках проектирования с улучшением и продлением туристической тропы от гольца Макарова до бухты Крестовской (уже существующий участок). Идея этой тропы была предложена коллегами еще в 2019 г. [5, с. 90]. Проведение работ на местности поддержал фонд «Озеро Байкал».

Маршрут пролегал от подгорной наклонной равнины Баргузинского залива до подножия гольца Макарова (1 877 м), далее – по гребню хребта с вершинами около 1 800 м, характеризующегося развитыми экзогенными процессами, и заканчивался выходом в северо-восточные бухты Чивыркуйского залива. Обязательной частью исследования стало картографирование геосистем с оценкой пирогенного влияния и экзогенных рельефообразующих процессов в горном районе.

Данный участок перспективен для развития рекреационной деятельности как часть маршрутов посещения ЗНП с возможностью ночевки. По этой причине особенно важно отразить структуру реальных геосистем и их характеристики в крупном масштабе. Разрушительные пожары 2012 и 2015 гг. затронули значительные площади южной части полуострова вплоть до вершин хребта.

Более 25 тысяч туристов посещают ЗНП летом. Основную рекреационную нагрузку испытывают прибрежно-береговые геосистемы с бухтами у подножия хребта. На хребет летом поднимаются преимущественно спортивные группы, однако рост интереса к хайкингу и познавательному туризму повышает уязвимость и значение горных участков, покрытых лесами и кустарниковыми сообществами, отличающимися повышенной горючестью.

Рекогносцировочное обследование территории проводилось на участках с репрезентативными условиями (СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания», пункт 6.2.8), где закладывались площадки комплексного описания ландшафтов (геосистем). Ландшафт выступает комплексным индикатором всех природных сред. Полученные данные могут быть использованы в дальнейших инженерно-экологических изысканиях для разработки природоохранных предложений по сохранению уникального района.

Цель исследования – создание геоинформационного проекта с векторной геосистемной (ландшафтной) картой на основе актуальных полевых и дистанционно-картографических данных.

Материалы и методы исследования

Физико-географическая характеристика. Полуостров Святой Нос имеет площадь 456 000 км² (на плоскости, а реальная площадь горной расчлененной местности больше). Протяженность береговой линии составляет 138 км (рис. 1, на котором красной полилинией показана тропа на полуострове Святой Нос, точками – начало и конец маршрута, основные лагеря).

На значительной части территории полуострова наблюдается условно засушливый (полузасушливый) климат с годовым количеством осадков от 250 до 600 мм [6], что связано с выносом воздушных масс в акваторию Байкала. На побережье количество осадков еще меньше: по данным станции Нижнее Изголовье – 425 мм в год. Отчетливо выражено резкое различие между двумя типами климата: на побережье – минимальные значения, на водоразделах осевого хребта – максимумы от 500 до 600 мм.

Структура западного и восточного макросклонов полуострова в его северо-восточной части асимметрична, что обусловлено неотектоническими движениями. Это остаточный, или «вздыбленный» к юго-западу горст по В. М. Ламакину [7]. Срединный хребет сложен породами архейских и нижнепротерозой-

ских толщ (граниты, гранитогнейсы, мраморы). Гребень хребта представляет собой отдельный узкий массив длиной 53 км, сложенный преимущественно крестовской серией (архейские кристаллические мраморы, сланцы, кварциты), с плоскими вершинами. На высотном ярусе от 1 600 до 1 800 м развит сильно- и среднерасчлененный высокогорный эрозионный рельеф. Вершины хребта (гольцы) сформированы поверхностями выравнивания со скалистыми гребнями и каровыми цирками.

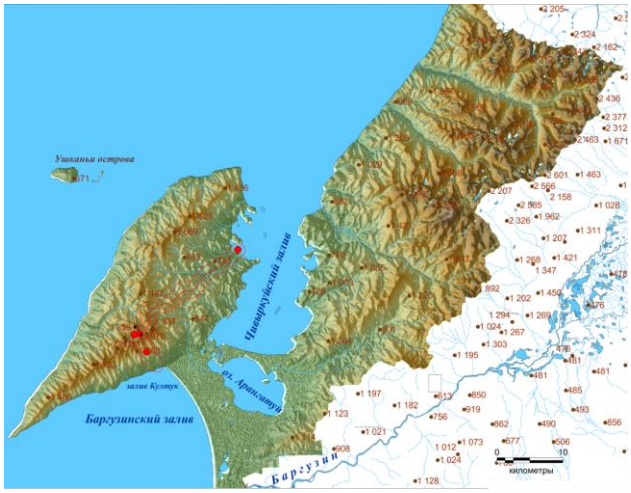

Рис. 1. Высотная цифровая модель рельефа Забайкальского парка с шагом 125 м (от 456 до 2463 м)

Наиболее доступной для хайкинга из вершин является высочайший голец среднегорья – Маркова (1 878 м). На восточном и западном склонах вершины расположен нивальный уступ, где до июля сохраняются снежники. Уклоны склонов здесь составляют от 30 до 60°.

Граница хребта и Чивыркуйского перешейка, сформированного аллювиальными отложениями реки Баргузин 15–8 тыс. лет назад [1], проходит на высоте 458–468 м и имеет протяженность около 9,7 км. С восточного макросклона стекает ручей Буртуй – единственный водный поток, достигающий заболоченной равнины перешейка и впадающий далее в озеро Малый Арангатуй.

В условиях высокогорья развита многолетняя мерзлота толщиной 20–50 м (по данным геологической съемки 1970-х гг.). Гольцовые поверхности выравнивания с криогенно-нивальными эффектами сформированы в период последнего горно-долинного оледенения около 11,7 тыс. лет назад [8].

Рис. 2. Гольцовая вершина горы Маркова, снежник на склоне (вид на юг полуострова с высоты 100 м). Фото: А. Е. Разуваева, 11.07.2021

По материалам лесоустройства и карты растительности, в составе залесенной территории более 55 % занимают склоновые и подгорные сосновые леса с примесью лиственницы сибирской и мелколиственных сукцессий. Лиственничные леса распространены в северо-западной части полуострова. Пихтово-еловые и кедровые сообщества встречаются локально, преимущественно в увлажненных долинах рек востока района. Возраст ненарушенных лесов может превышать 200 лет. Селитебные территории ограничены узкой полосой вдоль западного берега Чивыркуйского залива.

Методы исследования

Актуальность использования регионально-типологического подхода обусловлена необходимостью проведения ГИС-анализа и картографического отображения разнородных природных комплексов в условиях глобальных и региональных изменений, с выделением их важных экологических функций. Данный подход нашел применение в ряде горных регионов Северо-Восточной Азии [9] и на юге Западного полушария [10].

Базовая ландшафтно-типологическая (геосистемная) карта отражает топологические (локального уровня) геосистемы, доступные обзору и изучению исследователем в полевых условиях, с последующей верификацией на местности.

При использовании структурно-динамического метода объектами анализа и ландшафтно-типологического картографирования в крупном масштабе выступают геосистемы на уровне однородных фаций и их группировок. Если локальная геосистема в коренном состоянии может быть представлена на плакоре или «плакоровидной» поверхности в горах, то ее инварианты формируются под влиянием как естественных (включая природные пожары), так и антропогенных факторов. В ходе исследований были зафиксированы восстановительные сукцессии различного возраста, начиная от гарей, обозначенных на топографических картах 1970-х гг. Здесь произошло формирование лесных экосистем, представленных смешанными темнохвойными и сосново-лиственничными лесами.

Большинство геосистем района выполняют средозащитные и средоформирующие функции, являясь резерватами редких видов растений и животных (всего 977 видов и подвидов растений, 303 вида животных) на особо охраняемой природной территории ЗНП. Результаты полевых исследований 2020–2021 гг. были оформлены в виде георелляционной таблицы, включающей 80 точек описаний ландшафтов с координатами и фотографиями. Площадки описаний были заложены на осевом хребте, вершинах и склонах, а также на подгорных равнинах и озерных террасах, в диапазоне высот от 1 886 до 456 м над уровнем моря.

В ходе маршрутных обследований в июле – августе на полуострове Святой Нос были зафиксированы следующие параметры: увлажнение, микрорельеф, состав и характеристики поверхностных отложений, генезис рельефа, структуры и формы, проявления экзогенных геологических процессов и явлений, горизонтальное и вертикальное распределение растительности (по шкале Друде), почвенное описание первых горизонтов (по возможности), а также название и характеристика элементарного природного комплекса (например, вершинный шикшиево-лишайниковый с ерниковой березкой Betula nana). Эти описания послужили основой для анализа в совокупности с пространственными геоизображениями.

В работе была принята трехэтапная система картографирования в крупном масштабе. Камеральное изучение имеющихся опубликованных и фондовых материалов показало наличие лесоустроительных планов, обладающих специфической отраслевой методологией: работой по кварталам и утвержденным выделам по преобладающей лесообразующей породе.

Для дальнейших работ была создана цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе данных радиометров ALOS (прибор DAICHI) с разрешением 30 м/пиксель (см. рис. 1). На основе ЦМР разработаны модели крутизны и экспозиции склонов с дифференцированной шкалой для горных условий: субгоризонтальные поверхности (0–3°), пологие склоны (3–6°), покатые склоны (10–20°), склоны средней крутизны (20–30°), крутые склоны (30–40°), обрывистые склоны (40–55°), уступы (более 55°). С учетом разделения склонов по экспозиции (преобладают юго-восточные склоны) были определены основные типы местоположений, которым затем присваивались значения характеристик растительности и почвогрунтов. Для этого использовались данные дистанционного зондирования (ДДЗ): осуществлен синтез и классификация снимков Landsat 8 и Sentinel 2 за июль по опорным точкам полевых описаний (метод дерева решений), а также экспертное выделение в спорных участках.

На полевой стадии (этапе 2) проведены уточнение контуров в поле и работа с GPS и беспилотным летательным аппаратом DJI Mavic 2 (отдельные кадры съемки, коридоры пролета). Снимки с дрона позволили выделить отдельные элементарные ландшафты и их компоненты: скальные останцы, гребни, седловины, ложбины стока и другие формы. Границы гарей определялись по данным дистанционного зондирования и лесоустроительным планам.

Третий этап включал итоговое оформление векторного слоя с площадью выделов от

0,1 до 10 км² [11, 12], их семантическую характеристику в легенде, специальные обозначения и индексы.

Итоговые базовые и тематические слои были переведены в проекцию Гаусса – Крюгера (Пулково-1942), зона 19, в масштабе 1 : 50 000 – для коридора тропы. К ним относятся полигоны природных комплексов и пожаров за период 1989–2021 гг. Последний слой включает 74 полигона с индексами, точечные значки, легенду с детальными характеристиками локальных типов ландшафтов.

Заголовки в легенде отражают верхние таксоны ландшафтной среды. Для групп фаций использованы условные знаки в виде площадной «шашечки» с характеристикой. Синтаксические элементы внутри условного знака отражают свойства геосистемы в рамках метода отображения качественным фоном. Так, цвет и тон в «шашечке» соотнесены с преобладающей лесной породой, для склонов дана наклонная штриховка, для заболоченных урочищ – пунктирная штриховка и т. д.

Результаты исследования

Полевой маршрут по Срединному хребту был пройден по существующей тропе до гольца Макарова (1 878 м), далее – по водоразделам хребта заповедной зоны с последующим спуском в долину реки Крестовской до ее устья – бухты Байкала. Общая протяженность маршрута составила около 25 км. Охват коридора тропы составлял радиус в один километр для обеспечения детального изучения [12].

Начало тропы (нулевой километр) расположено на прибрежной наклонной аллювиально-делювиальной равнине в местности Глинка, где установлен информационный портал. До южного подъема на хребет по гребню отрога преобладают светлохвойные (сосновые с примесью лиственницы) кустарниково-кустарничковые сообщества (выдел е6 – номер выдела на карте (рис. 3).

Пожар 2012 г. возник вследствие сухой грозы и распространился по высотным поясам. В верхней части он достиг подножия гольца Макарова (1 877 м), охватив подгольцовый кустарниково-редколесный пояс на высотах до 1 700 м. В нижней части пожар был ограничен противопожарными рвами. На склоновых гарях и свежих шлейфах выноса восстановление происходит пятнами через разреженный подрост осины и березы; здесь активно развивается плоскостная эрозия. В подгольцовом поясе после пожара сформировались пирогенные каменистые пустоши, где восстановление отмечено лишь фрагментарно – преимущественно за счет единичных экземпляров ерниковой березы [13].

Базовая стоянка была организована на истоках ручья у подножия гольца Макарова (выдел а1). Место окружено тремя вершинами выше 1 800 м. Здесь развиты водораздельно-криогенные и склоново-криогенные процессы, отмечена термокарстовая воронка. Ранее в летний период наблюдались сети мочажин и миниозер в условиях горной тундры [4]. В настоящее время имеются временные водотоки надмерзлотного происхождения, стекающие с гольцовой террасы вниз.

Маршрут по оси Срединного хребта (высоты 1 500–1 887 м) охватил вершины и склоны гор (выделы а2–а5). Ступенчатые водоразделы к северу от гольца Макарова находятся в интервале высот от 1 400 до 1 800 м. Ниже представлены типы ландшафтов: подгольцовый кедрово-стланиковый пояс пониженных вершин (б1), склоны (б2–б6) с редкой сосной, переход к высокогорным светлохвойным редколесьям с березой.

В центральной части высокогорья отдельные участки были затронуты низовым пожаром 2015 г. Горно-таежный пояс (до 1 200 м) и подгольцовый кустарниковый пояс с редколесьями и рединами (более 50 км²) были охвачены огнем до высоты 1 600 м. Антропогенный пожар начался на мысе Нижнее Изголовье и распространился до уплощенных вершин хребта (вплоть до 1 700 м) и седловин на высотах 1 500–1 400 м. На западе огонь был ограничен распадками в истоках реки Еловой, на востоке – расчлененными долинами истоков ручья Буртуй.

Водоразделы хребта постепенно снижаются к северо-востоку полуострова. В интервале высот 1 300–800 м представлены восстановительные стадии на месте гарей 1970-х гг. На северо-востоке полуострова, ниже 1 000 м, развиваются темнохвойные чернично-бада-

ново-осоковые сообщества ограниченного распространения на месте пожаров. На южных и юго-восточных склонах, а также на дне распадков встречаются горные луга, часто приуроченные к выходам мраморов и гранитов – продуктам выветривания горных пород. При высокой крутизне склонов и малом количестве осадков почвенный покров развит слабо.

Ниже 1 000 м развиты лиственнично-темнохвойные леса (выдел е4) типа байкало-джуджурской тайги. В надпочвенном покрове распространены кустарнички: черника, брусника, далее – бадан, осоки (*Carex*).

На инсолированных склонах встречаются светлохвойные фации (выделы е2, е5, е6), в которых доминируют кустарники: рододендроны, спирея. На опушках формируются горные разнотравные луга («елаканы»).

На пологих и покатых склонах у подножий отрогов отмечаются темнохвойные леса, в которых первый ярус представлен пихтой и кедром, второй – иногда осиной или елью. Надпочвенный покров имеет степень сомкнутости 50–70 %, включает бадан, осоку, зеленые мхи (выдел е11).

Темнохвойная тайга (в нижней части пояса преобладают кедрачи с примесью ели и пихты, в верхней – пихтачи с участием осины) представлена на плоских водоразделах и склонах, спускающихся к бассейнам рек Крестовской и Маршалихи, – это умеренно расчлененные долины с постоянными и временными водотоками. Данный поясной тип относится к «влажному прибайкальскому типу поясности» [14], наиболее выраженному на западном макросклоне Баргузинского хребта.

В устье реки Крестовской выделены типы субаквально-аквальных фаций (ф1–ф4): затопленный конус выноса с замкнутыми водоемами («сорами»), аккумулятивные песчаные пляжи. Комплекс, включающий как минимум две речные террасы, покрыт преимущественно темнохвойными лесами, где кедрачи с елью подходят непосредственно к намывному валу из аллювия на берегу озера (ф5).

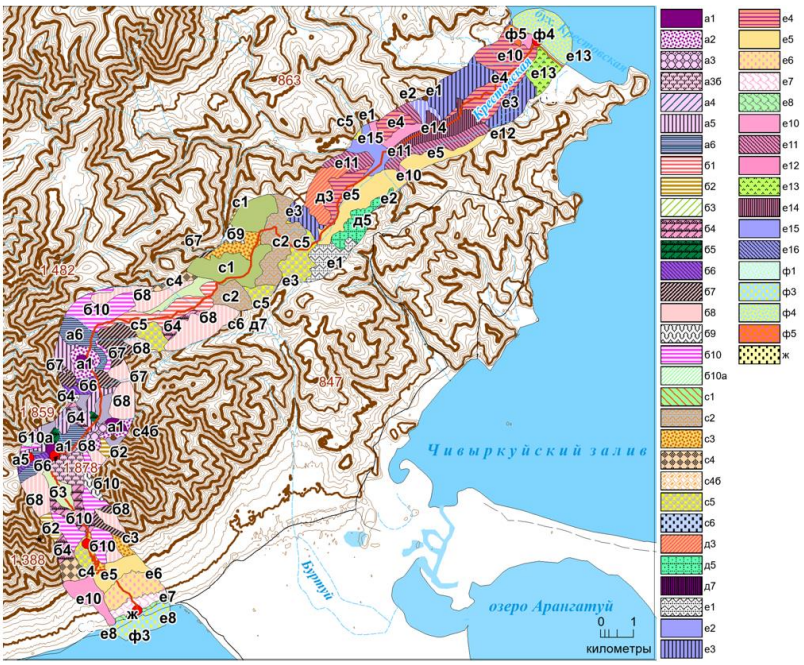

Рис. 3. Геосистемы коридора тропы (уменьшенный вариант от 1 : 50 000)

Экспликация ландшафтно-типологической карты. Геосистемы Северной Азии зоны тайги и пояса среднегорий (тип природной среды).

1. А. Гольцовые горно-тундровые (1 878—1 300 м):

– а1. Вершин уплощенных гранитогнейсовых глыбовых гор горно-тундровые лишайниковые с угнетенным кедровым стлаником;

– а2. Крутого нивального уступа и покатых склонов лишайниковые, чернично-шик-

шиевые с группировками кедрового стланика и можжевельника;

– а3. Покатых склонов горно-тундровые и кедрово-стланиковые (а3б –нивальные);

– а4. Пологих склонов кедрово-стланиковые и ерниково-березовые;

– а5. Склонов южной и восточной экспозиции с ступенями седиментации лишайниковые на мелкоглыбовых россыпях и с редким кедровым стлаником, мочажинами в нишах в обрамлении зеленых мхов;

– а6. Гари в гольцовом поясе (на вершинах и склонах).

2. Б. Подгольцовые сниженных вершин гор и склонов (1 400–900 м):

– б1. Вершин бруснично-шикшиево-лишайниковые с редкими группами стланика и единичными молодняками кедра, с дресвяными пустошами и отдельными выветренными глыбами;

– б2. Привершинных склонов кедрово-стланиковая с пятнами горных тундр на курумах;

– б3. Крутых и покатых гравитационного сноса склонов с курумами с осыпями;

– б4. Крутых склонов кедрово-стланиковые чернично-шикшиевые с можжевельником, нишами и коридорами выветривания;

– б5. Ступенчатых склонов кустарничково-моховые (брусника, черника) с нивальными нишами и мочажинами;

– б6. Ступеней седиментации под гольцами травяно-луговые (пустоши) с нивальными нишами и мочажинами;

– б7. Межгорных плоских понижений пустотная травяно-луговая (с кладонией и ветреницей);

– б8. Распадков с гравитационными осыпями и шлейфами выноса кустарничково-кустарниковые из кедрового стланика, ерника, ив с баданово-осочковым покровом;

– б9. Верхних звеньев водосборной сети кедрово-стланиковые шикшиево-лишайниковые с овсяницево-осоково-плауновыми полянами и можжевельником;

– б10. Сгоревшие участки кустарниковые и надпочвенный покров (б10а – гари с восстановлением).

3. С. Горно-таежные лиственнично-сосновые (ниже 1 250 и до 900 м, верхняя часть пояса):

– с1. Покатых склонов редколесные сосновые, кустарниково-мелкотравно-лишайниковые с выходами скальных гряд, останцев и глыбовых полей;

– с2. Пологово-склоновые редколесные сосновые с каменной березой шерстистой на петроземах;

– с3. Пологих юго-восточных и южных склонов редколесные сосновые кустарниково-мелкотравно-лишайниковые;

– с4. Гари сплошные с эрозией по склонам, со шлейфами выноса делювиальных отложений. (с4б. – гари пятнистые);

– с5. Водосборных понижений и верховьев ручьев лиственнично-сосновые спиреево-травяные с луговинами разнотравными;

– с6. Покатых склонов лиственничные с кедрово-стланиковым подлеском кустарничково-моховые.

4. Д. Средняя часть горно-таежного пояса (1 000–700 м):

– д3. Склонов – сосново-лиственничная бруснично-мелкотравно-моховая с осиной, рябиной на перегнойных почвах);

– д5. Гребней и верхней части склонов кедрово-лиственничная бруснично-мелкотравно-моховая с рябиной на перегнойных почвах;

– д7. Врезанных мелких речных долин с лиственнично-сосновыми редколесьями, пихтой и ивой по пойме, осиной на террасах

5. Е. Нижняя часть горно-таежного пояса и подгорная (800–460 м):

– е1. Уплощенных водоразделов лиственничные с сосной, хвощово-мелкотравные;

– е2. Пологих юго-восточных склонов лиственничная с сосной голубично-багульниково-мелкотравная на лесных оподзоленных почвах);

– е3. Склоновые лиственничные с кедром, осочково-травяные, кедрово-еловая хвощово-мелкотравно-моховая на иллювиальных перегнойных почвах;

– е4. Субгоризонтальных поверхностей кедровые с лиственницей, брусничные с осиной, вторым ярусом из пихты, ели багульниково-осочково-моховые;

– е5. Пологих склонов на делювиальных шлейфах выноса лиственнично-сосновые кустарниково-травяно-моховые с мелколиственными пятнами на месте гарей;

– e6. Плоской подгорной равнины сосновые рододендрово-брусничничные;

– e7. Озерных террас сосновые с лиственницей бруснично-мелкотравные;

– e8. Озерных террас и скальных уступов сосново-мелколиственные с душекией нарушенные;

– e10. Склонов лиственничные спиреево-травяные с березой и осиной в подросте, с ольхой на подзолистых почвах;

– e11. Склоновые пихтово-кедровые с лиственницей, кустарниковые осоково-хвощово-моховые;

– e12. Низинных бугристых болот осоково-сфагновые звенья со старицами, с кедром и сосной по краю;

– e13. Низинных осоковых болот, развитых на месте заросших бухт и эстуариев;

– e14. Межгорных депрессий лиственничные с елью, мелкотравно-зеленомошные на перегнойно-глеевых почвах;

– e15. Пойменные, нижней части пологих склонов кедрово-пихтово-лиственничные с пихтой в пологе хвощево-мелкотравные.

6. Ф. Ландшафты берегов и заливов Байкальской котловины:

– ф1. Аккумулятивные берега с мелкопесчаными («белыми») пляжами, с луговой растительностью;

– ф2. Понижений в зоне устья елово-пихтово-кедровые (спелые) насаждения с осоково-моховым покровом на перегнойных почвах;

– ф3. Аквальные мелководные с галечниковым дном (до 35 м);

– ф4. Аквальные мелководные с песчаным дном (до 16 м);

– ф5. Кедровые с елью, травяно-шикшиевые на песчаном береговом валу и озерных террасах.

7. Ж. Селитебные.

Геосистемы локального уровня отображены на итоговой карте масштаба 1 : 50 000, проекция карты – Гаусса – Крюгера, зона 19, система координат Пулково-1942. Протяженность тропы на плоскости равна 32,5 км, коридор охватывает 61 км^2, периметр коридора – 62 км. Выделено 43 типа, три подтипа геосистем (ландшафтов) в 6 типологических высотно-поясных единицах (геомах) региональной размерности.

Выводы

Создана ландшафтно-типологическая (геосистемная) карта на основе 80 локальных описаний ландшафтных пробных площадей и данных дистанционного зондирования. Сформированы модели рельефа по данным радиометра ALOS, в том числе детальная карта рельефа ЗНП с шагом в 125 м.

Детализированная карта геосистем отражает их состояние на 2024 г. в условиях полуаридного климата после воздействия пожаров. В рамках картографического слоя выделен 91 полигон, относящийся к 43 топологическим типам. Средняя площадь полигонов составляет 0,39 км² с интервалом изменения от 0,1 до 1 км².

Базовая карта структуры геосистем служит основой для последующего составления оценочных и прогнозных карт. Следующим этапом картографирования станет создание карты геосистем и разработка оценочных и прогнозных моделей применительно к планируемым объектам инфраструктуры. Оценка перспектив развития геосистем требует мониторинга состояния ландшафтов, а также оптимального планирования рекреационных территорий с учетом рисков, связанных с потеплением и аридизацией климата горных районов, а также влиянием пирогенного фактора.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации АААА-А21-121012190063-2).

Автор выражает отдельную благодарность коллективу ФГБУ «Заповедное Подлеморье» за сотрудничество и помощь в организации полевых работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абалаков А. Д., Овдин Е. Д., Новикова Л. С. и др. Территориальная организация Забайкальского национального парка – Иркутск : Институт географии СО РАН, 2002. – 125 с.

2. Цыдыпова М. В. Геоинформационное картографирование лесов особо охраняемых природных территорий: на примере Забайкальского национального парка : дис. … канд. техн. наук 25.00.33. – Новосибирск, 2013. – 126 с.

3. Калихман Т. П., Богданов В. Н., Огородникова Л. П. Атлас ООПТ Сибири. – Иркутск: Оттиск, 2013. – 384 с.

4. Абалаков А. Д., Берсенева В. О., Новикова Л. С., Овдин Г. Д. Геоэкологические основы организации научно-учебного полигона на особо охраняемых природных территориях – Иркутск : Изд-во Иркутского гос. университета, 2010. – 147 с.

5. Мядзелец А. В., Лужкова Н. М. Геоинформационное обеспечение и планирование познавательного экотуризма для организации рекреационной деятельности на особо охраняемых природных территориях озера Байкал // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. – 2022. – Т. 39. – С. 81–98. – DOI 10.26516/2073-3402.2022.39.81. – EDN BRLHMG.

6. Трофимова И. Е. Типизация и картографирование климатов Байкальской горно-котловинной системы // География и природные ресурсы. – 2002. – № 2. – С. 53–61.

7. Ламакин В. В. Неотектоника Байкальской впадины. – М. : Наука, 1968. – 247 с.

8. Belov A. V., Bezrukova E. V. and Sokolova L. P. The Evolutionary-Genetic Basis of Structural-Cenotic Diversity of Modern Vegetation in Prebaikalia // Geography and Natural Resources. – 2018. – Vol. 39, No. 1. – P. 46–54. – DOI 10.1134/S1875372818010079. – EDN UYCIYV.

9. Сочава В. Б. Географические аспекты сибирской тайги. – Новосибирск : Наука, 1980. – 256 с. – EDN RZJHJR.

10. Braz A. M., De Oliveira I. J., De Souza L. C., Chavez E. S. Cluster Analysis for Landscape Typology, Mercator. – May 2020. – Vol. 19(5):1 – P. 1–16 – DOI: 10.4215/rm2020.e19011.

11. Седых С. А. Изучение и картографирование геосистем южной части Баргузинского хребта (бассейн реки Шумилиха) // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 4. – С. 102–116. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-102-116. – EDN QLYAOF.

12. Седых С. А., Биличенко И. Н., Бухарова Е. В., Лужкова Н. М. Ландшафтно-экологический анализ коридора экологической тропы (Забайкальский национальный парк) // Геология, география и глобальная энергия. Издательский дом «Астраханский университет». – Астрахань, 2017. – № 4 (67). – С. 135–145. – EDN YTFMPM.

13. Биличенко И. Н., Лужкова Н. М., Воропай Н. Н. Временная и пространственная локализация лесных пожаров на территории Забайкальского национального парка // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2019. – Т. 29. – С. 39–52. – DOI 10.26516/2073-3402.2019.29.39. – EDN VOTRHA.

14. Тюлина Л. Н. Влажный прибайкальский тип поясности. – Новосибирск : Наука, 1975. – 319 с.

Об авторе

Сергей Анатольевич Седых – кандидат географических наук, старший научный сотрудник.

Получено 12.02.2025

© С. А. Седых, 2025

Designing an Ecological Trail on Cape Svyatoy Nos Peninsula (Lake Baikal) Through Geosystem Structure Mapping

S. A. Sedykh[1]✉

[1] SB RAS S. B. Sochava Institute of Geography Irkutsk, Russian Federation

e-mail sedykh@li.ru

Abstract. The study presents the results of examining and mapping the geosystems of the ridge and submontane inclined plateaus on the Svyatoy Nos Peninsula. Field investigations were conducted from 2020 to 2021 as part of the design and proposed extension of an ecological trail connecting Makarov Mountain (1878 m) to Chivyrkuy Bay. Extensive fires in 2012 and 2015 severely impacted large areas of the mountain taiga slopes, alpine shrubby sparse forests, and certain peaks within the high-mountain zone. The primary objective of this research is to analyze the structure of these geosystems (landscapes) to evaluate the feasibility of trail development while prioritizing the conservation of natural complexes. A spatial GIS analysis was performed using a regionally typological approach, developed by the Irkutsk Geographical School specifically for Asian Russia. This methodology enabled a detailed delineation of the peninsula's geosystems as of 2024, incorporating natural dynamics and the lasting effects of fire disturbances. The resulting map legend represents both regional patterns and local specificities of topographic geosystem formation and functioning. The geosystem diversity across the ridge reflects a complex mosaic of environmental conditions, shaped by variations in slope steepness and exposure within a highly dissected mountainous relief, coupled with cryogenic and slope processes and a semi-arid climate. Detailed route descriptions, supplemented by photographic documentation, were conducted along several corridors – from the lakeshore through foothill inclined plains, ascending southward along the ridge to the high-mountain belt's base, then following the ridge crest, and finally descending northward into Krestovskaya Bay. For the proposed trail corridor, a 1:50,000 landscape-typological map was compiled, identifying 43 distinct topographic landscape types within a 61 km² area. This foundational map serves as the basis for derivative assessments of geosystem stability and disturbance, providing critical support for sustainable trail design and environmental preservation efforts.

Keywords: Lake Baikal, Svyatoy Nos Peninsula, topological geosystems, landscape-typological map, ecological trail, remote sensing data

REFERENCES

1. Abalakov A. D., Ovdin E. D., Novikova L. S., et al. (2002). *Territorial organizatsiya Zabaykalskogo Nacionalnogo Parka [Territorial organization of the Zabaikalsky National Park]* Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS, 125 p. [in Russian].

2. Tsydypova M. V. (2013) *Geoinformation mapping of forests in specially protected natural areas: on the example of the Zabaikalsky* National Park. Candidate's thesis. Novosibirsk, 126 p. [in Russian].

3. Kalikhman T. P., Bogdanov V. N., Ogorodnikova L. P. (2013). Atlas of protected areas of Siberia *Irkutsk, Ottisk [Irkutsk, Reprint],* 384 p. [in Russian].

4. Abalakov A. D., Berseneva V. O., Novikova L. S., Ovdin G. D. (2010) *Geoekologicheskie osnovy organizacii nauchno-uchebnogo poligona na osobo ohranyaemyh prirodnyh territoriyah [Geoecological foundations for organizing a scientific and training ground in specially protected natural areas]* Irkutsk: Publishing house of Irkutsk state university 147 p. [in Russian].

5. Myadzelets A. V., Luzhkova N. M (2022). Geoinformation support and planning of educational ecotourism for organizing recreational activities in specially protected natural areas of Lake Baikal *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle [Bulletin of Irkutsk state university. Earth science series*]. Vol. 39. P. 81–98. DOI 10.26516/2073-3402.2022.39.81 EDN BRLHMG [in Russian].

6. Trofimova I. E. (2002). Typification and mapping of climates of the Baikal mountain-basin system *Geografiya i prirodnye resursy [Geography and natural resources]* , No. 2. – P. 53–61 [in Russian]

7. Lamakin V. V. (1968) *Neotektonika Bajkal'skoj vpadiny [Neotectonics of the Baikal Basin]*. M. : Nauka [Moscow, Science], 247 p. [in Russian].

8. Belov A. V., Bezrukova E. V. and Sokolova L. P. (2018) The Evolutionary-Genetic Basis of Structural-Cenotic Diversity of Modern Vegetation in Prebaikalia *Geography and Natural Resources, [Geography and Natural Resources]*, Volume 39, P. 46–54. DOI 10.1134/S1875372818010079 EDN UYCIYV [in Russian].

9. Sochava V. B. (1980) *Geograficheskie aspekty sibirskoj tajgi [Geographical aspects of the Siberian taiga]*. Novosibirsk: Nauka [Novosibirsk: Science], 256 p. EDN RZJHJR [in Russian].

10. Braz A. M. , De Oliveira I. J., De Souza L. C., Chavez E. S. (2020) Cluster Analysis for Landscape Typology, Mercator, May 2020, Vol. 19(5):1 P. 1–16 DOI 10.4215/rm2020.e19011.

11. Sedykh S. A. (2024) Study and mapping of geosystems of the southern part of the Barguzinsky ridge (Shumilikha river basin) *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGiT]*. Vol. 29, No. 4, P. 102–116. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-102-116 EDN QLYAOF [in Russian].

12. Sedykh S.A., Bilichenko I.N., Bukharova E.V., Luzhkova N.M. (2017) Landscape and ecological analysis of the ecological trail corridor (Zabaikalsky National Park) Geology, geography and global energy. *Izdatel'skij dom "Astrahanskij universitet" [Publishing house "Astrakhan University"]*. Astrakhan, No. 4 (67). P. 135 – 145 EDN YTFMPM [in Russian].

13. Bilichenko I. N., Luzhkova N. M., Voropai N. N. (2019). Temporal and spatial localization of forest fires in the territory of the Transbaikal National Park // *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle [Bulletin of the Irkutsk State University. Earth Sciences Series]*. Vol. 29. P. 39–52. DOI 10.26516/2073-3402.2019.29.39 EDN VOTRHA [in Russian].

14 Tyulina L. N. (1975) *Vlazhnyj pribajkal'skij tip poyasnosti [Wet Baikal type of zonation*]. Novosibirsk: Nauka [Novosibirsk: Science], 319 p. [in Russian].

Author details

Sergey A. Sedykh – Ph. D., Senior Researcher.

Received 12.02.2025

© *S. A. Sedykh, 2025*