

УДК 528.92(571.54)

DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-4-102-116

Изучение и картографирование геосистем южной части Баргузинского хребта (бассейн реки Шумилиха)

С. А. Седых¹✉

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 участка западного макросклона Баргузинского хребта на основе исследований последних лет. Участок исследования охватывает основную часть бассейна р. Шумилиха, где вдоль частично построена экологическая тропа. Изучение геосистем Баргузинского хребта и заповедника, которые являются средой обитания редких видов животных и растений, проводилось автором в последние годы, в том числе по гранту РФФИ «Пространственно-временная организация геосистем Байкальской Природной территории (БПТ) 2017–2019 гг.». Исследование, представленное в статье, направлено на изучение адаптивного отклика прибайкальской популяции черношапочного сурка (*Marmota camtschatica doppelmayeri*) в Баргузинском заповеднике на изменения окружающей среды». Полевые работы поддержаны в 2022 г. Фондом прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал». Проводилось изучение картографирования геосистем и ареалов обитания этого редкого вида в высокогорьях. При пространственном ГИС-анализе территории использован регионально-типологический подход на основе изучения о геосистемах академика В. Б. Сочавы. Реализация подхода осуществляется при помощи современных методов – геоинформационно-картографического и дистанционного, что позволило выделить современную структуру геосистем под влиянием факторов природной динамики и пожаров на региональном фоне. Вариативность топологических геосистем в центральной части хребта связана с разнообразием микроклиматических ситуаций по крутизне и экспозиции склонов в условия сильно расчлененного горного рельефа с многолетней мерзлоты. Предложены критерии выделения топологических выделов и их структурных характеристик, относящихся к фациям и их группировкам, при площади выделов 0,2–1,1 га. Геосистемы локального уровня отображены на ландшафтном плане полигона масштаба 1 : 10 000 (площадью 2 км², длиной периметра 6 км), что передает современное состояние ландшафтов обитания черношапочного сурка в изолированном высокогорном районе. Ландшафтный план с характеристиками геосистем является основой для дальнейшего составления оценочных и прогнозных карт.

Ключевые слова: озеро Байкал, Баргузинский хребет, картографирование, ГИС, данные ДЗЗ, геосистемы, ландшафтный план

Для цитирования:

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

Введение

Первое исследование природных систем Баргузинского хребта и топографическая съемка в масштабе 1 верста в дюйме были

проведены в 1914–1915 гг. экспедицией Министерства земледелия России, когда была поставлена цель сохранения соболя в местобитаниях на хребте. Были выделены ареалы основных типов древесной и кустарниковой

растительности по маршрутному ходу к гольцам в истоках Шумилихи, сделана характеристика этого и других участков [1]. В 1917 г. бассейн реки вошел в участок охраны Баргузинского заповедника (сейчас часть ФГБУ «Заповедное Подлеморье»).

После долгого перерыва в исследовании природных систем и биологических видов, работы по речным долинам и сложнодоступным высокогорьям активизировались в послевоенный период. Здесь необходимо выделить важнейшие исследования природных комплексов гор: климатические и геоморфологические Н. П. Ладохина [2], геоботанические исследования Л. Н. Тюлиной [3], когда был выделен особый «влажный прибайкальский тип поясности». На ключевом участке р. Шумилихи и в других речных бассейнах западного макросклона были составлены картосхемы растительности в крупном масштабе [3]. На весь заповедник имелась рукописная геоботаническая карта Л. Н. Тюлиной масштаба 1 : 200 000, к сожалению, утраченная.

Исследование базируется на завершенных работах с участием автора по гранту РФФИ «Пространственно-временная организация геосистем Байкальской Природной территории (БПТ) 2017–2019 гг. [4] и гранта РГО 2021 г. «Влияние пирогенного фактора на горно-таежные геосистемы БПТ» [5], что затрагивали разные районы Баргузинского и других хребтов региона. Прикладное направление изучения и сохранения популяции черношапочного сурка реализовалось в полевых работах в 2022 г., поддержанных Фондом прикладных экологических разработок и исследований «Озера Байкал».

В 2016 г. после пожара 2015 г. вдоль долины Шумилихи была спроектирована и построена на 6,5 км экологическая тропа силами специалистов ФГБУ «Заповедное Подлеморье». Высокогорья не были затронуты пожаром и геосистемы сохранились в природном ненарушенном состоянии. На рис. 1 приведено положение участка исследования на карте нарушенности растительности БПТ [6, с дополнениями].



Рис. 1. Карта нарушенности растительности геосистем Байкальской природной территории (см. легенду в табл. 1).

Легенда карты нарушенности растительности геосистем БПТ

Площадной картознак	Степень нарушенности	Характеристика геосистем	Источники воздействия
	Условно коренная	Коренные темнохвойные, светлохвойные леса, подгольцовые редколесья и заросли кустарников, альпино(и суб)типные и горно-таежные сообщества	В Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае – редкие лесные пожары
	Слабо нарушенная	Спелые и перестойные производные светлохвойные леса, подгольцовые редколесья, заросли кедрового стланика, долинные лесные и луговые	В Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае – лесные пожары, слабый выпас
	Средне нарушенная	Средневозрастные и молодые светлохвойные леса, мелколиственные леса, зарастающие гари и вырубки, подгольцовые редколесья, среднедеградированные степи и луга	В Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае – лесные пожары, Промышленные рубки, рекреация, выпас.
	Сильно нарушенная	Пустоши на месте вырубок и гари, и шелкопрядники, техногенно поврежденные леса и степи, леса рекреационных зон, остепненные леса, сильно деградированные лугово-степные угодья	В Иркутской области, Республике Бурятия, Забайкальском крае – добыча минеральных ресурсов, периодические лесные пожары, рубки, рекреация, техногенез, сильный выпас.
	Преобразованная	Пашни на Иркутской равнине, в понижениях Предбайкальского прогиба, котловинах забайкальского типа	Распашка земель, малоэтажная застройка пашен
	Уничтоженная	Свежие сплошные гари (2010–2020 гг.) антропогенного и природного происхождения в горно-таежных поясах	Пожары природного и антропогенного генезиса

Подтвержденные местообитания черношапочного сурка в Баргузинском заповеднике: 1 – верховья р. Большой, 2 – высокогорья в истоках Правого Таркулика, 3 – истоки р. Шумилиха. Ключевой участок, 4 – берега и склоны в котловине озера Ладохинского.

На территории Баргузинского хребта первые сведения о численности и распространении данного вида были получены в ходе организации заповедника в 1916 г. К Первой мировой войне промысел сурка был здесь развит слабо. Местное население добывало его в небольших количествах в одних и тех же местах в верховьях рек, а его численность сильно со-

кратилась. После организации заповедника промысел сурка практически прекратился, но численность восстанавливалась очень медленно вплоть до 60-х г. прошлого столетия [7]. Вероятно, что одной из причин снижения численности является нарушение привычных циклов и режимов функционирования популяции, что тесно связано с природными и природно-антропогенными явлениями глобального и регионального масштабов, то есть изменением климата и пожарами.

Современный этап изучения и картографирования геосистем как фундаментального направления развивает классические работы

XX в. Цель исследования – это ГИС-картографирование геосистемной среды и ареалов популяции черношапочного сурка на уровне геосистем локального (топологического) уровня в центральной части Баргузинского хребта. Это позволяет выделить особенности среды обитания для анализа количественных и качественных изменений геосистем. Прагматический аспект заключается в представлении объективной информации на крупномасштабных картах и планах широкому кругу пользователей [8, с. 89].

Материалы и методы исследования

Физико-географическая характеристика хребта и бассейна реки Шумилиха. Ключевой участок исследования охватывает 30 км² в пределах бассейна Шумилихи. Истоки реки с озерами расположены во внутригорном районе Баргузинского хребта (рис. 2). Сам хребет имеет протяженность 280 км с юга на север вдоль озера. Центральная часть хребта представлена ступенчатыми водоразделами от берега Байкала. Водораздельный основной гребень хребта формируют высокогорья с альпинотипным рельефом и высотами от 1 300–1 400 до 2 800 м. Доминирующей вершиной является гора Байкал в 2841 м

По известному районированию Байкальской природной территории (БПТ) [9, 10], сделанном по подходу иркутской географической школы, можно выделить хорологическую характеристику участка. Акваторию озера в этих широтах и береговая подгорная часть относятся к Северо-Восточному береговому подгорно- и горно-таежному округу Байкальской котловинной прибрежной провинции. Массив складчато-глыбовых гор и островерхних водоразделов – это уже часть Байкало-Джугджурской горно-таежной области, а именно – ее Прибайкальской гольцово-горно-таежной и котловинной провинции. Ключевой участок исследования входит в Средний или Центрально-Баргузинский альпинотипно-гольцовый и субальпинотипный район, а также Южный гольцовый и горно-таежный. Климат района Баргузинского хребта является резко континентальным с горным и долинно-котловинным эф-

фектами. По уровням высотной поясности дифференцировано количество осадков и солнечной радиации. В высокогорьях температура может достигать от минус 40 °С зимой и до плюс 37 °С летом. На берегах Байкала смягчающее влияние действует осенью, а охлаждающий эффект имеется весной, продлеваясь и на начало лета. В высокогорьях солнечных дней бывает меньше, заморозки возможны в любой месяц года. Среднегодовое количество осадков может достигать 1 200 мм по гребню хребта. Снежный покров достигает в горно-таежном поясе обычно 1,3–1,4 м, в подгольцовом и гольцовом поясах 1,6–2,0 м.

Для ключевого участка (см. рис. 2) с прилегающими водоразделами создана цифровая модель рельефа (ЦМР) на основе данных прибора ALOS (аппарат DAICHI от JAXA) в интервале высот 456–2 500 м. Разница высотных значений границ ландшафтных поясов между склонами северной и южной экспозиции достигает плюс-минус 100 м. Низкогорная часть горно-таежного пояса охватывает боковые отроги хребта, межгорные понижения и байкальские террасы, горно-долинные ландшафты.

Массив гранитов Баргузинского комплекса по обоим бортам долины Шумилихи выходит прямо к Байкалу и формирует структурный берег с уступом до 5–7 м. Вид с воды (и его субъективное восприятие) на этот внушительный ландшафт назван Л. Н. Тюлиной «Баргузинскими Альпами» [3, с. 290]. Вверх по течению коренные обнажения верхнепротерозойских интрузий Баргузинского комплекса (гранитогайсы и граносиениты) представлены по правому борту речной долины.

В среднем течении долина реки трапециеобразная, а борта – вогнутые и прямые. Здесь расположено озеро Нижнее длиной 280 м. До озера доходит экологическая тропа от берега Байкала. Среднегорья расположены на боковых отрогах, склонах и вершинах низкой ступени второстепенных водоразделов хребта, где с 1 200–1 300 м представлены заросли кедрового стланика, а по северным склонам граница леса расположена на высотах 1 100–1 200 м.

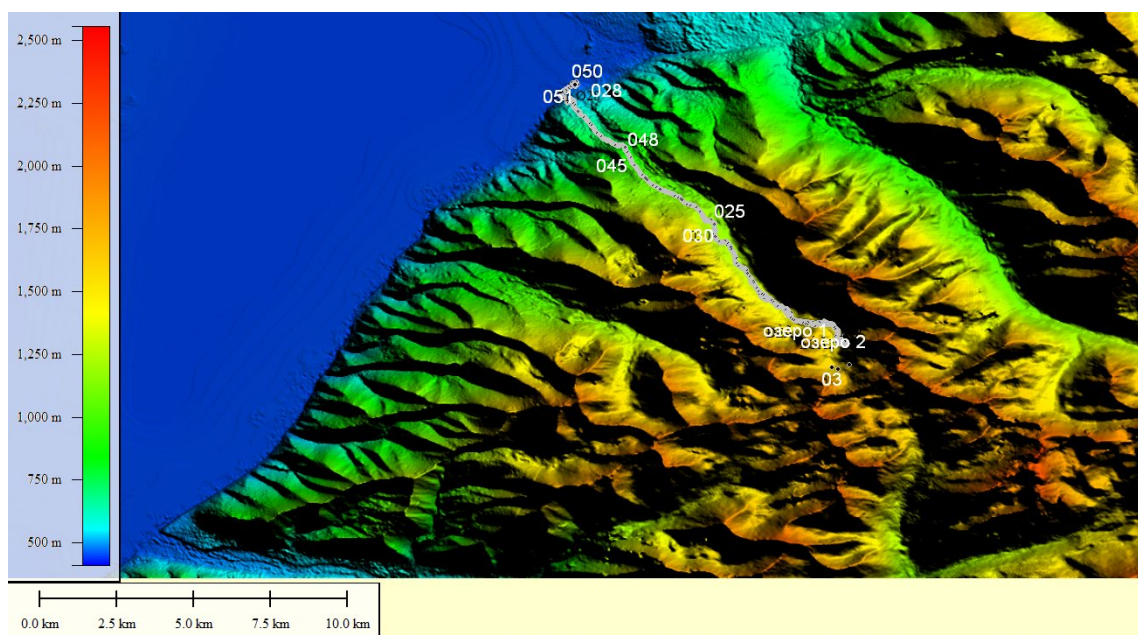


Рис. 2. ЦМР бассейна р. Шумилиха по абсолютным значениям высоты (данные радиометра ALOS, разрешение 30 м). Отмечены полевой маршрут и точки комплексных описаний

Высокогорья, тяготеющие к южной части хребта, расположены на высотах от 1 400 до 2 100 м (2 841 м – гора Байкал в 160 км к северу). К верхней границе леса здесь выходит пихта сибирская в редицах и одиночных экземплярах. Повсеместно распространена толща многолетнемерзлых грунтов в 20–50 м. Над ступенчатыми водоразделам возвышаются альпинотипные вершины около 2 000 м.

У подножья пиков и ниже на гольцовых поверхностях выравнивания биотическая часть природных комплексов представлена только в виде пятен накипных лишайников и мхами на гребнях и склонах гребней. Это обедненные гольцовыми горно-тундровые геосистемами (обычно на высотах от 1 300 до 1 900 м). Более насыщены по фитомассе (10–15 тонн/га) субальпинотипные луга на уровне 1 400–1 500 м по дну троговых долин, прорезанных руслами временных водотоков. Вероятно, такие геосистемы сформировались после последнего оледенения, имевшего горно-долинный характер в период 35–10 тыс. л. н. [11]. Выявленные нивально-гляциальные объекты и явления снежники-перелетки по северным и порой западным склонам, наледи по руслам, подвижные склоновые курумы (рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. Долина реки Шумилихи. а) сканерный снимок Sentinel-2B 01.07.2018 г. (каналы B12, B8A, B4, 20 м/пиксель); б) фото гари по долине Шумилихи с выпадением сухостоя на склоновом куруме (01.09.2022, автор фото – Седых С. А.)

Методика картографирования Основным в изучении и ГИС-картографировании геосистем принят регионально-типологический подход, апробированный в разных регионах Сибири [12, 4] и юго-восточной Бразилии [13, 14]. При этом объектами анализа и ландшафтно-типологического картографирования в крупном масштабе становятся локальные топогеосистемы уровня фаций и их групп, характеризующие природные комплексы, которым свойственно однородное внутреннее устройство в естественном состоянии. При выборе характеристика типа учитываются локальные варианты отклонений, в том числе под влиянием активных криогенных и гравитационно-склоновых процессов, характерных для района. Так, в ходе полевых исследований в 2022 г. создана база данных из 50 точек описания ландшафтов от берега до высокогорного района обитания сурков по маршрутному ходу длиной 50 км. Полевое описание включает: общее положение, увлажнение, рельеф и микроформы, почвенный покров, растительный покров (ярусы и плотность по

шкале Друде), первичное определение ландшафтной фации.

Геоинформационной основой исследования выступили позиционные данные с обработкой и анализом в среде QGIS 3.3, MapInfo 15 и SAGA 2.2 (табл. 2). Используются дистанционные данные: радиолокационной топографической съёмки ALOS (спутник DAICHI, с разрешением 30 м), сканерных космических снимков среднего разрешения со спутников Landsat 8 (OLI, комбинации каналов 4-5-1, 4-3-2, 7-3-1, 30 м), Sentinel 2 (каналы B4, B3, B2, 20 м), синтезированных изображений GeoEye 1-2, RapidEye сверхвысокого разрешения.

На основе данных радиометра ALOS создана цифровая модель рельефа (ЦМР). В основе ее – дифференцированная шкала ранжирования склонов по крутизне: обрывистые (более 45°), крутые (30–45°), средней крутизны (20–30°), покатые (10–20°), пологие склоны (3–10°), уплощенные поверхности (0–3°). На основании значений крутизны и экспозиции склонов, по ЦМР далее выделены основные местоположения локальных геосистем.

Таблица 2

База данных на основе картографических, дистанционных и полевых источников

Имя слоя	ОПИСАНИЕ /Масштаб (Применение)
Базовые данные	1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000
DNL	Реки
DNAR	Водоемы
RHLR	Изолинии рельефа
НУР	Отметки абсолютных высот
<i>Тематические растры</i>	<i>Топографические, геологические, лесоустройство / 1 : 200 000 – 1 : 50 000</i>
На основе данных радиометров ALOS и SRTM	GRID-поверхности с разрешением 30 м/пикселей в одноградусных квадратах (ALOS) и пятиградусных (SRTM 4.1)
Изолинии рельефа по ЦМР	Полилинии с сечением горизонталей 20 и 30 м (Топооснова карт / планов)
Данные многоспектральных сканеров ДДЗ. Среднего и высокого разрешения	Landsat 5 TM, 7 ETM, 8 OLI за 1990–2020 гг. период вегетации, Sentinel 2 (2019–2022 гг.; B12, B8A, B4 / B4, B3, B2, 20 м) (Выявление структуры и динамики растительности/геосистем)
ДДЗ сверхвысокого разрешения	Ресурс П (2017-2021, 5 м), QuickBird-2, за 2012–2022 гг. (2,5 м/пиксель, базы Яндекс-Сканэкс) / для М 1 : 50 000 – 1 : 10 000 Фото с геометками, ортофотопланы камеры БЛА (4000 × 3000 пикселей, фрагмент) / (выявление границ отдельных фаций в рельефе и переходов растительности)

Имя слоя	ОПИСАНИЕ /Масштаб (Применение)
Тематические геоизображения	Карты и комбинированные векторно-растровые изображения / 1 : 100 000
Цифровые модели рельефа (ЦМР):	Алгоритмы пакетов SAGA GIS 9, Global Mapper 16, алгоритмы Vertical Mapper 3.2 для MapInfo для создания ЦМР: абсолютная высота, крутизна, экспозиция, средняя крутизна и экспозиция, векторные изолинии с шагом в 20,10 м (используются для морфологического анализа ландшафтов)
Геосистемы и пирогенные ландшафты	Векторные слои
Пожары и нарушенность Баргузинского. хребта	69 полигонов, пожары 1999–2021 гг. на площади 386 000 км ² (векторный слой)
Геосистемы ключевого участка	Геосистемы ненарушенного участка Шумилиха, 74 полигона, точечные значки, индексы, легенда. М 1 : 10 000 (конечный продукт)
Полевые данные	GPS/ГЛОНАСС навигации, отметки в MapField QGIS, фото с геопозицией (рабочие данные)

Важным моментом является размер и размерность объектов картографирования, так как случае крупного масштаба мы имеем дело с объектами реального визуального изучения и полевого картирования. Для прикладных работ в Строительных правилах (СП) 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания» [15] предложены площади ландшафтов выделов урочищ и фаций: урочище от 0,5–3 км² до 10–20 км² для масштабов 1 : 50 000 – 1 : 10 000, фаций от 10–20 км² до 1–3 км² для масштаба 1 : 5 000 и крупнее, т. е. площадь урочищ (сопряженных систем фаций, объединённых общей направленностью физико-географических процессов [16, с. 101]) в таком представлении может разниться на порядок. Ландшафтная же фация – это элементарная единица ландшафта, сам термин впервые был введен еще в 1938 г. Л. Г. Раменским. В сибирской (иркутской) географической школе принято выделять группы (группировки) фаций – однородных по внутренней структуре, характеризующиеся целостностью процессов функционирования [9, 12]. На локальном нижнем уровне в обеих классификациях выделяют фации с типологической морфологией (внутренней пространственной структурой). Фации характеризуют одинаковые экологические режимы с присущим населением (биотой) со сходным генезисом и возможностями дальнейшего развития.

С учетом современного опыта картографирования ландшафтов и собственных разработок предложены следующие интервалы выделения горных локальных геосистем, как более дискретных по площади. Нижний уровень – это 1–10 га для фаций. Для группировки фаций выделен интервал: от 10 га до 100–200 га. Отдельные природные объекты (скальный останец, ригель, группа глыб и т. д.) занимают уже около 1 га или менее.

Для картографирования фаций использованы ЦМР, космоснимки сверхвысокого разрешения (от 5 м на пиксель и детальнее), где можно отследить объекты более 15 на 15 м). На подготовительном этапе создана библиотека дистанционных и картографических данных. В поле проведены работы картирования по площадкам описания и выделению границ. Природные объекты часто менее выражены [15] в силу естественных линий, поэтому проводилось экспертное выделение выделов с уточнением снимков с камеры БЛА. С БЛА Mavic 2 съемка проведена с нижней позиции (100 м) [17, с. 54] над озерами и склонами. Так можно видеть картину в реальных цветах, подготовить ортофотопланы, выделить мелкие формы рельефа, отдельные отчетливые объекты [18] и границы (рис. 4). В условиях сильно расчленённого рельефа морфологические границы между разными фациями отчетливы. Границы пешего доступа отме-

чены (по возможности отбиты GPS / ГЛОНАСС треком-полилинией) при полевом обследовании с картографированием. При камеральном выделении контуров в долинах обращалось внимание на углы наклона по ЦМР, дифференциацию растительности и почв.



Рис. 4. Панорамный снимок с северной оконечности озера Шумилиха (20 июля 2022 г., автор Разуваев А. Е.)

При итоговой обработке геоданных типу ландшафта (уровня фаций) присваивается индекс, итоговая характеристика с учетом регионального фона. Так как фация – часть большей системы, то это определение геосистемных связей (порядок иерархии от регионального уровня до локального). Например, участка участка луговой фации осоково-гераниево-чемерициевый на мелкобугристом микро-рельефе с торфянисто-перегнойными почвами (1 570–1 580 м) имеет площадь 6,4 га. Он относится к субальпийной группе луговых торфянистых приозерных и нивальных (1 500–1 600 м). Группа в свою очередь – это составляющая горно-долинного класса фаций и далее геома, т. е. регионального подразделения природной среды в Северной Азии [9]. В нашем случае представлены фации подгольцового (байкало-джугдзурского) склонового и горно-долинного кустарниково-лугового геома (1 400–1 700 м). Основные геосистемные связи отображены в некартируемых заголовках легенды и влияют на выбор цвета, штриховки площадных картознаков. Оформление картознаков в ле-

генде в поле карты и легенде проведено по соответствию графических переменных тематическому содержанию выделов с индексом [19]. С одной стороны – это оформительская традиция, что складывалась десятилетиями на картах ландшафтов Восточной Сибири [10]. С другой – это прагматичные и понятные пользователю решения выбора цвета, тонов, заполнения по характеристикам [20], а именно типа ландшафта – морфологическим, ботаническим, почвенным и др.

Для отображения структуры и динамики топологических геосистем полигона реализована предложенная выше методика картографирования. При определении характеристик локальных геосистем учтен классических исследований [3], использованы полевые описания с дифференциацией по рельефу и степени увлажнения, растительному покрову. В этом случае элементы тематической карты в векторных слоях отвечают типологическим характеристикам геосистем. Прагматическая часть реализации крупного масштаба с генерализацией видимых визуальных объектов обеспечивает необходимую доступность конечным пользователям.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам обработки и анализа полевых данных и геоизображений, оверлея и анализа слоев экспертным методом выделены контуры ландшафтного плана полигона в масштабе 1 : 10 000. Сделано развернутое физико-географическое описание локальных геосистем и их компонентов на региональном фоне. Локальные геосистемы представлены в диапазоне абсолютных значений от 1 500 до 1 836 м в границах полигона. Это замкнутая долина вмещает местообитания сурка по двум крупным озерам по дну трога. Имеет выраженную средоформирующую и средорегулирующую функции. Мелкие озера, видимо, имеют сезонный характер. Долина ограничена гребнями основного водораздела с высотами около 2 000 м с юга, гребнями боковых отрогов с запада и востока. Выход реки из долины оформлен выпукло-покатой ступенью ригеля (1 515–1 517 м). С нижней части ригеля поток

реки выходит вертикальным водопадом высотой в 15 м.

Жесткие климатические условия высокогорья свыше 1 500 м (выше границы леса) с коротким летом и обильным снеговым покровом зимой создают особую среду элементарных геосистем (или биогеоценозов) для узкой экологической ниши популяции черношапочного сурка в этом районе гор. Среда обитания ограничена кормовыми станциями субальпийных лугов характерного состава травяных ярусов, узкой полосой, протянутой вдоль берегов озер. Селитебные станции – норы под крупными делювиальными глыбами в окружении стланика, бадана с крупнотравьем по ручьям на склонах.

Природные геосистемы полигона представлены в нешироких (по вертикальному распро-

странению) подпоясах и местоположениях. Проведена их поверка по полевым наблюдениям, камеральная пространственная детализация в поле карты. На ландшафтной карте (крупномасштабном плане) (рис. 5) представлены фации долины двух крупных озер ледникового происхождения с субальпийными лугами по берегам. Основными кормовыми растениями для сурка на лугах и луговинах по ручьям выступают анемоны (*Anemone*), аквилегия (*Aquilegia*), жарки (*Trollius asiaticus*), белоцветковая герань (*Geranium albiflorum*), дороникум (*Doronicum*), сиббальдия (*Sibbaldia*), возможно, орехи кедрового стланика (*Pinus pumila*) осенью [21, 7]. У верхнего озера есть альпийно-типные низкотравные луга малой площади. Долину озер обрамляют островерхние пики и пирамидальные вершины до 2 000 м высоты.



Рис. 5. Структура геосистем верхьев р. Шумилиха

Геосистемы. Тип фаций и их группировок.

Байкало-джугджурские высокогорий гольцовые и подгольцовые*

1. Субальпийно-альпийно-типные луговые межгорных дна троговых долин и каров**.

1a1. Дна трого и каров субальпийно-типские луга осоково-гераниево-чемерициевые торфянистые на перегнойно-торфянистых почвах (мн***).

1a2. Пологих склонов долины трого злаково-осоково-разнотравные нивальные луговины с пиретрумом, сиббальдией и ивой Турчанинова, с ареалами крупнотравья по руслам ручьев на склоне на грубоскелетных почвах (с).

1б. Дна трого и каров альпийно-типные мелкотравные луга и нивальные луговины (с, сф).

1в. Дна трого и каров чернично-бадановые пустоши с небольшими луговинами в сочета-

нии с разреженной растительностью россыпей и выходов коренных пород (сф).

1д. Ступень ригеля (сложен блоками гранитогнейсов) с пятнами луговин чемерицево-травяных и аконитовых между окатанных глыб и в узкой пойме протоками в породе (сф).

Вершинных гребней и склонов подгольцовые кустарниковые и травяные (выше границы леса)

2. Верхней инсолированной части каров и плеч трога ерники и альпинотипные-луговины (сф).

3. Скалистые гребни каров с каймой кедрового стланика и золотистого рододендрона, на осыпях между камнями распространены нивальные луговины и пустоши (елаканы) (с).

4. Скалистых, порой обрывистых, склонов каров каменные березняки и заросли кедрового стланика (мн).

5. Крутых склонов, скал и россыпей на ассоциации кедрового стланика и золотистого рододендрона в сочетании с разреженной растительностью (с).

6. Верхней части средней крутизны склонов ассоциации кедрового стланика и золотистого рододендрона с единичными угнетенными березами и с мелкими нивальными луговинами (мн).

7. Крутых осыпных (россыпи и щебенчато-суглинистые осыпи) склонов с мелкими нивальными луговинами и пустошами (с черникой и баданом) в сочетании с редкими группами кедрового стланика на камнях (мн, сф).

8. Конусов выноса, шлейфов и террасах заросли кедрового стланика (с багульником, брусничкой и лишайниками), местами с редкими березами, лиственницами и кедрами (сф).

9. Средней крутизны каменные россыпи с кедровым стлаником и группами корявых пихт и берез (мн).

10. Крутых склонов россыпи, отдельные скалистые выходы и бараньи лбы в сочетании с нивальными луговинами и пустотами (ледосборный бассейн) (сф).

11. Покатых склонов и днищ каров, каменные россыпи, нивальные луговины и редкий кедровый стланик (мн).

12. Крутых склонов гребней скал и россыпей, ассоциации кедрового стланика и золо-

тистого рододендрона в сочетании с высокогорными лугами (елаканами) и с разреженной растительностью (сф).

13. Скал с останцами и россыпью крутых склонов травяно-лишайниковые в окружении ассоциаций кедрового стланика, ерника (березка карликовая Миддендорфа) и золотистого рододендрона (сф, уд).

14. Выпукло-пологой поверхности гранитогнейсового ригеля ассоциации кедрового стланика и золотистого рододендрона с высокогорными лугами, ерниками, тальниками и ключевыми болотами (сф).

15. Расположение групп нор сурков под камнями.

16. Уступ ригеля с водопадом 15 м.

Геосистема регионального уровня – геом.

****Класс фаций, что охватывает чаще крупную форму рельефа –дно долины, склон горы и т.д.**

*****Серийность природных фаций и их групп:** м – мнимокоренные, с – серийные (менее устойчивые), сф – серийные факторальные, уд – устойчиво-длительно-производные. Коренной считается фация, отражающая региональную «норму», обычно представленную на плакоре или его горном аналоге.

Верхний исток Шумилихи расположен в небольшом озере Верхнем (около 100 м шириной) на дне чаши кара. Нижняя часть троговой долины заканчивается наклонным выпуклым ригелем с водопадом 15 м на высотной отметке 1 503 м. Здесь выделена визуальная четкая граница между безлесой постледниковой частью до редины пихтовых кустарниково-бадановых в пойме реки ниже.

Местообитания сурка выделены по берегам озера Шумилиха (Среднее). Определены кормовые уголья сурка. Среди лугов торфянистых переувлажненных описаны два типа (1а1, 1а2 на рис. 5, между озером и водопадом). Первый тип с многолетнемерзлым слоем от 60 см: на четвертичных отложениях по ригельной площадке осоково-гераниево-чемерицевый луг. Почва торфянистая, а микрорельеф слабочковатый. Доминанты травостоя: чемерица, осока, герань белоцветковая. Мхи тонкими налетами. Второй значимый тип луговой фации: пологого склона (1а2) злаково-осоково-разнотравный нивально-луго-

вый (до 25 м шириной) с пиретрумом, анемоной, аквилегией, жарками, сиббальдией и ивой Турчанинова. Покрытие травяного покрова – 0,7–0,8. Растения распространены неравномерно. Преобладают осоки, злаки, вперемешку с сиббальдией и геранью белоцветковой. Запасы сухой фитомассы на таких лугах не превышают 10–20 т/га.

Селитебными фациями сурка выступают глыбовые курумы с осыпями в нижней-средней части прямых и вогнутых склонов восточной и западной экспозиции. Под крупными камнями живут отдельные сурки, где и были установлены фотоловушки сотрудниками «Заповедного Подлеморья» в 2021 г. с регулярным отбором отснятого материала. Крупнозернистый песок под камнями и мелкообломочный материал делювия, пролювия склонов используется для рытья нор. Селитебные места служат для хранения запасов сена и спячки, вплоть до наступления весны с продолжительным световым днем и дневными положительными температурами. Циклы активности фиксируют камеры фотоловушек по движению.

Крутизна склонов растет от подошвы склона к вершинам и гребням каров. Промежутки между глыбами прорезаны мелкими ручьями с крупнотравьем по руслу, частично освоены ассоциациями кедрового стланика, ерника, ив, кашкары, бадана посреди осоковых луговин.

Выводы

Обследован в поле и изучен уникальный и специфичный участок Байкальской Сибири в западной высокогорно-среднегорной части Баргузинского хребта. Анализ геосистем с картографическим представлением охватил высокогорную часть бассейна р. Шумилиха. Составлен ландшафтный план площадью 2 км², где отражена непосредственная среда обитания черношапочного сурка в отдельном высокогорном районе. Выделены контуры топогеосистем и их структурные характеристики при картографировании в поле и при камеральном этапе. Фации относятся к 19 локальным типам, при площади контуров в 0,2–1,1 га.

Выделены связи с региональными структурами – байкало-джугджурскими геомами, характерными для ландшафтных поясов региона.

В исследовании акцент сделан на пространственное изучение луговых топогеосистем выровненных приозерных поверхностей и обильно увлажненных склонов троговой долины. Геосистемы участка обследованы и закартографированы на ландшафтном плане на основе полевых и дистанционных данных. Типы биопродуктивных в травяной массе систем относятся к байкало-джугджурскому геому подгольцовому кустарниково-луговому геому. Этот геом характерен для высокогорий для центральной части Баргузинского хребта. Такие луговые геосистемы распространены локальными ареалам по горной стране от Байкала до хребта Джугджур, где встречаются ареалы обитания черношапочных сурков. Подходящие долины сурки заселяют колониями в верховья рек Большой, Правого Таркулика, берегах озера Ладохинское, возможно, и в других высокогорных частях Баргузинского и Байкальского хребтов.

Планирование научной деятельности в этой горной территории «Заповедного Подлеморья» в дальнейшем будет опираться на объективные особенности изменения современной структуры геосистем, как среды обитания редких видов растений и животных. Предполагается продолжить ежегодные наблюдения за состоянием ландшафтов и популяцией сурка на системной основе, с дальнейшим пространственным анализом современной структуры геосистем и их динамики.

Прикладной момент создания и использования ландшафтно-типологического плана заключается в актуальной и точной оценке современной структуры геосистем, мониторинге популяции черношапочного сурка, получении достоверных данных для разработки решений по сохранению вида. Сейчас доступ в район сложен и ограничен. В будущем есть возможность продления экологической тропы от озера Нижнее до уступа ригеля с водопадом. Такое планирование стоит проводить на системной научной основе, по актуальным тематическим картам.

Благодарности

Аналитическая часть исследования с картографированием выполнены за счет средств государственного задания (№ государственной регистрации АААА-А21-121012190063-2).

Отдельная благодарность сотрудникам ФГБУ «Заповедное Подлесье» за организацию полевых работ и их финансовую поддержку Фондом прикладных экологических разработок и исследований «Озеро Байкал».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соболиный промысел на северо-восточном побережье Байкала. Материалы Баргузинской экспедиции Г. Г. Доппельмайра 1914–1915 гг. – Верхнеудинск – Л. : Издание Госплана БМАССР, 1926 – 270 с.

2. Ладохин Н. П. О древнем оледенении Баргузинского хребта // Материалы по изучению производительных сил Бурят-Монгольской АССР. – Вып. 1. – Улан-Удэ : Бурят-Монгольское кн. изд-во, 1954. – С. 147–152.

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

4. Plyusnin V. M., Bilichenko I. N., Sedykh S. A. Spatio-temporal organization of mountain Taiga Geosystems of the Baikal Natural territory // *Geography and Natural Resources*. – 2018. – Vol. 39, No. 2. – P. 130–139. – DOI 0.1134/S1875372818020051.

5. Bilichenko I. N., Sedykh S. A., Kichigina N. N., Li Z Impact of forest wildfires on components of mountain landscapes of the Baikal region [Electronic resource] // *Journal of Wildlife and Biodiversity* 6(2) – 2. – 2022. – P. 100–114. – URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6570597>.

6. Соколова Л. П., Седых С. А. Нарушенность растительности / под ред. А. Р. Батуева / Атлас. Байкальский регион: общество и природа. – М. : Паулсен, 2021. – С. 62–63.

7. Козулин В. М., Моролдоев И. В., Дарижапов Е. А., Ананин А. А. Многолетняя динамика численности черношапочного сурка *Marmota camtschatica doppelmayeri* на западном макросклоне Баргузинского хребта // *Известия Иркутского государственного университета. Серия «Биология. Экология»*. – 2016. – Т. 18. – С. 27–35.

8. Радченко Л. К., Мартынов Г. П. Картографический аспект познания окружающей действительности. // *Вестник СГУГиТ*. – Т. 26. – № 4. – 2021. – С. 83–93. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-4-83-93

9. Михеев В. С., Ряшин В. А. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта М 1: 500 000 / Под ред. В. Б. Сочавы. – М. : ГУГК, 1977.

10. Географические исследования Сибири. Т. 1. Структура и динамика геосистем – Новосибирск : Академическое издательство «Гео», 2007. – 413 с.

11. 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. – P. 46–54. – DOI 10.1134/S1875372818010079.

12. Сочава В. Б. Географические аспекты сибирской тайги. – Новосибирск : Наука, 1980. – С. 256.

13. Braz A. M. Zoneamento turístico das paisagens para o município de Mineiros (GO) [manuscript]. – Brazil, Jatai, 2020. – 359 p.

14. Braz A. M., de Oliveira I. J., de Souza Cavalcanti L. C. et al. Cluster Analysis for Landscape Typology // *Mercator*. – 2020. – Vol. 19. – P. 1–16. – DOI 10.4215/rm2020.e19011.

15. Строительные правила 502.1325800.2021. Инженерно-экологические изыскания. Общие правила производства работ. – М. : 2021.

16. Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды (географический аспект). – Мысль, 1980. – С. 248.

17. Медведев А. А., Тельнова Н. О., Кудиков А. В. Картографирование процесса зарастания залежных земель по разновременным высокодетальным данным с космических и беспилотных летательных аппаратов // Земля из космоса: наиболее эффективные решения. – 2019. – № 10 (26). – С. 50–55.

18. McKee A., Yuan M. A. et al High-Resolution Multi-Scalar Approach for Micro-Mapping Historical Landscapes in Transition: A Case Study in Texas, USA // Mapping Landscapes in Transformation: Multidisciplinary Methods for Historical Analysis – Leuven (Belgium) : Leuven University Press, 2019. – P. 199–216.

19. Bertin J., Barbut M. Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes. – Paris, Walter de Gruyter GmbH, 1967. – 431 p.

20. Stolle H. J. A cognition-based approach toward a general theory of map signs // Journal for Theoretical Cartography. – 2015. – Vol. 8. – P. 1–7.

21. Жаров В. Р. Экология черношапочного сурка (*Marmota camtschatica doppelmayeri* Bir.) Баргузинского хребта : автореферат диссертации канд. биол. наук. – Иркутск, 1975. – 23 с.

Об авторах

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

Получено 08.08.2023

© С. А. Седых, 2024

Study and mapping of geosystems of the southern part of the barguzin ridge (Shumilikha river basin)

S. A. Sedykh¹✉

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

e-mail: sedykh@li.ru

Abstract. The results of studying and mapping the geosystems of a section of the western macroslope of the Barguzin Range based on research in recent years are presented. The study area covers the main part of the river basin. Shumilikha, along which an ecological trail was partially built. The study of the Barguzinsky ridge and the reserve geosystems, which is a habitat for rare species of animals and plants, was carried out by the author in recent years, including under the RFBR grant “Spatio-temporal organization of geosystems of the Baikal Natural Territory (BNT) 2017–2019. The research presented in the article is aimed at studying the adaptive response of the Baikal population of the black-capped marmot (*Marmota camtschatica doppelmayeri*) in the Barguzinsky Nature Reserve to environmental changes.” Field work was supported in 2022 by the Lake Baikal Foundation for Applied Environmental Development and Research. A study was carried out to map the geosystems and habitats of this rare species in the highlands. In the spatial GIS analysis of the territory, a regional typological approach was used based on the doctrine of geosystems by Academician V.B. Sochavy. The implementation of the approach is carried out using modern methods - geoinformation-cartographic and remote sensing, which made it possible to highlight the modern structure of geosystems under the influence of factors of natural dynamics and fires against the regional background. The variability of topological geosystems in the central part of the ridge is associated with a variety of microclimatic situations in terms of steepness and slope exposure in conditions of highly dissected mountainous terrain with permafrost. Criteria for identifying topological units and their structural characteristics related to facies and their groupings are proposed, with an area of 0.2–1.1 hectares. Geosystems of the local level are displayed on the landscape plan of the polygon scale 1: 10,000 (area 2 km², perimeter length 6 km), which conveys the current state of the landscapes of the black-capped

marmot habitat in an isolated high-mountainous area. A landscape plan with the characteristics of geosystems is the basis for further compilation of assessment and forecast maps.

Keywords: lake baikal, barguzinsky ridge, mapping, gis, remote sensing data, geosystems, landscape plan

REFERENCES

1. Sable hunting on the northeastern coast of Lake Baikal (1926). *Materialy Barguzinskoy ekspeditsii G.G. Doppel'mayr 1914-1915 gg. [Materials of the Barguzin expedition of G.G. Doppel'mair 1914-1915]*. Leningrad: Gosplan BMASSR Publ, 270 p. [in Russian].
2. Ladohin, N. P. About the ancient glaciation of the Barguzin range. *Materialy po izucheniyu. proizvoditel'nyh sil Buryat-Mongol'skoj ASSR. [Materials of the research of economical powers of the Buryat-Mongol'skoj ASSR]*, P. 147–152 [in Russian].
3. Tyulina, L. N. (1975). Wet Baikal type of landscape belt. *Novosibirsk: Nauka [Novosibirsk: Science]*, 319 p. [in Russian].
4. Plyusnin, V. M., Bilichenko, I. N., & Sedykh, S. A. Spatio-temporal organization of mountain Taiga Geosystems of the Baikal Natural territory. *Geography and Natural Resources*. 2018, 39(2)., P. 130–139. DOI 0.1134/S1875372818020051.
5. Bilichenko, I. N, Sedykh, S. A., Kichigina, N. N., & Li, Z Impact of forest wildfires on components of mountain landscapes of the Baikal region *Journal of Wildlife and Biodiversity – 2. – 2022.*, 6(2), P. 100-114. Retrieved from <https://doi.org/10.5281/zenodo.6570597>.
6. Sokolova, L. P, Sedyh, S. A. (2021). Vegetation disturbance. *Atlas Baykal'skogo regiona: obshchestvo i priroda. [Atlas of the Baikal region: society and nature]*, 170, P. 62–63, ISBN 978-5-98797-313-4 [in Russian].
7. Kozulin, V. M., Moroldoev, I. V., Darizhapov, E. A., & Ananin, A. A. (2016). Long-term population dynamics of the black-capped marmot *Marmota camtschatica doppelmayeri* on the western macroscline of the Barguzin ridge. *Izvestiya of Irkutsk State University. Seriya «Biologiya. Ekologiya» [The Bullitin of ISU. The series "Biology. Ecology"]*. 18, 27–35 [In Russian].
8. Radchenko, L. K., & Martynov, G. P. (2021). Cartographic aspect of cognition of the surrounding reality. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26 (4), 83–93. [in Russian].
9. Mikheev, V. S., Ryashin, V. A. & Sochava, V. B. (1977) Landscapes of the south of Eastern Siberia. Map M 1: 500 000 /. M.: GUGK. –. [in Russian].
10. Semenov, Y. M., Belov, A. V. (2007) Structure and dynamics of geosystems. *Akademicheskoye izdatel'stvo «Geo» [Akademical "Geo"]*, 1, 413 p. [in Russian].
11. Belov, A. V., Bezrukova, E. V. & Sokolova L. P. (2018) The Evolutionary-genetic basis of structural-cenotic diversity of modern vegetation in Prebaikalia *Geography and Natural Resources* 39, P. 46–54. DOI 10.1134/S1875372818010079.
12. Sochava, V. B. (1980) Geographical aspects of the Siberian taiga. *Novosibirsk: Nauka [Novosibirsk: Science]*. – 256 p. [in Russian].
13. Braz, A. M. (2020) Zoneamento turistico das paisagens para o municipio de Mineiros (GO) *Tourist zoning of landscapes for the municipality of Mineiros.*, 359 p.
14. Braz, A. M., Oliveira, I. J., Souza Cavalcanti, L. C. & et al. (2020). Cluster Analysis for Landscape Typology. *Mercator [Mercator]* 19, 1–16. Retrieved from <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19011>
15. Building regulations 502.1325800.2021 "Engineering and environmental surveys. General rules of work". M.: 2021 [in Russian].
16. Isachenko, A. G. (1980) Optimization of the natural environment (geographical aspect). *Mysl' [Mysl']*, 248 p. [in Russian].
17. Medvedev, A. A., Telnova, N. O., & Kulikov, A. V. (2019). Mapping the process of overgrowth of fallow lands using multi-time highly detailed data from space and unmanned aerial vehicles

Zemlya iz kosmosa: samyye effektivnyye resheniya [Earth from space: the most effective solutions]. 10 (26)., 50–55. [in Russian].

18. McKee, A., Yuan, M. A., & et al. (2019). High-Resolution Multi-Scalar Approach for Micro-Mapping Historical Landscapes in Transition: A Case Study in Texas, USA *Mapping Landscapes in Transformation: Multidisciplinary Methods for Historical Analysis Leuven.*, 199–216.

19. Bertin, J., & Barbut, M. Sémiologie graphique: les diagrammes, les réseaux, les cartes (1967). *Graphic semiology: diagrams, networks, maps.* Paris, Walter de Gruyter GmbH. 431 p.

20. Stolle, H. J. (2015) A cognition-based approach toward a general theory of map signs *Journal for Theoretical Cartography*, 8, 1–7.

21. Zharov, V. R. (1975) Ecology of the black-capped marmot (*Marmota camtschatica doppelmayeri* Bir.) of the Barguzin ridge *Irkutskiy gosudarstvennyy universitet imeni A. A. Zhdanova [Irkutsk State University named after A. A. Zhdanov].*, 23 p. [in Russian].

Author details

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

Received 08.08.2023

© *S. A. Sedykh*, 2024