

УДК 631.4: 551.4 (519.3)
DOI 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Рекреационная трансформация почв восточного Приольхонья

Зверева Н.А., Белозерцева И.А.

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
Россия, 664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1
E-mail: koffffein@mail.ru, belozia@mail.ru

Аннотация. В статье изложены особенности физико-географических и экологических условий формирования почв восточного Приольхонья, которые определяют степень их трансформации. Объектом исследования являются естественные и антропогенно нарушенные почвы побережья Малого моря и прилегающей территории. Основные ключевые участки зоны рекреационного воздействия расположены вдоль автодороги Тогот – Курма, от р. Хорги до р. Курмы. В ходе активно развивающейся рекреационной деятельности территории, использования организованных и неорганизованных туристических маршрутов возникает риск деградации почвенного покрова. Наиболее интенсивная рекреационная нагрузка приходится на береговую зону, где бесконтрольно строятся турбазы, разрастается сеть грунтовых дорог. Палаточный туризм оставляет за собой следы отдыха людей в виде свалок мусора, рубки деревьев и кустарников, остатков костровищ. На основе разработанных почвенно-геохимических принципов проведена оценка степени антропогенной трансформации почв восточного Приольхонья в зоне рекреационного воздействия. Составлена карта-схема трансформации почв. Наиболее трансформированные почвы, относящиеся к отделу органо-аккумулятивных, приурочены к южным склонам на легких породах под степной растительностью со значительной антропогенной нагрузкой, которые занимают около 4 % побережья района исследования. Локальное ухудшение физических свойств почв, накопление макро- микроэлементов, уменьшение содержания гумуса, увеличение степени опесчаненности и плотности почв побережья, а также дефицит основных элементов питания растений связаны с неконтролируемой рекреационной деятельностью.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка, экологическое состояние почв, Прибайкальский национальный парк, западное побережье озера Байкал, восточное Приольхонье, Сарма, Курма

Благодарности: Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190055-7 (№ FWEM-2021-0002)).

Для цитирования: Зверева Н.А., Белозерцева И.А. 2023. Рекреационная трансформация почв восточного Приольхонья. Региональные геосистемы, 47(2): 175–191. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Recreation Soil Transformation of Eastern Priol'khon Region

Nadezhda A. Zvereva, Irina A. Belozertseva

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS,
1 Ulan-Batorskaya St, Irkutsk 664033, Russia
E-mail: koffffein@mail.ru, belozia@mail.ru

Abstract. The article outlines the peculiarities of the physical-geographical and ecological conditions for the formation of soils in the Eastern Priol'khonye. The object of the study is the natural and anthropogenic disturbed soils of the coast of the Small Sea and the adjacent territory. The main key areas of the recreational impact zone are located along the Togot-Kurma highway, from the Khorga river to the Kurma river. In the course of actively developing tourist and recreational activities of the territory and tourist routes of an organized and unorganized species, there is a risk of degradation of the soil cover. The most intense



recreational load falls on the coastal zone, where camp sites are being built uncontrollably, and a network of dirt roads is growing. Camping tourism leaves traces of people's recreation in the form of garbage dumps, felling of trees and shrubs, remains of fire pits. Based on the developed soil-geochemical principles, the degree of anthropogenic transformation of the soils of Eastern Priol'khon in the recreational impact zone was assessed. A map-scheme of soil transformation has been compiled. The most transformed soils belonging to the organic-accumulative department are confined to the southern slopes on light rocks under steppe vegetation with a significant anthropogenic load, which occupy about 4 % of the coast of the study area. Local deterioration of physical properties of soils, accumulation of macro- and microelements, decrease in humus content, increase in the degree of sandiness and density of coastal soils, as well as deficiency of basic elements of plant nutrition are associated with uncontrolled recreational activities.

Keywords: recreational load, ecological state of landscapes, Pribaikalsky National Park, the west coast of Lake Baikal, the Eastern Priol'khon Region, Sarma, Kurma

Acknowledgements: The study was carried out at the expense of a state assignment (No. State Registration of Topic AAAA-A21-121012190055-7 (No. FWEM-2021-0002)).

For citation: Zvereva N.A., Belozertseva I.A. 2023. Recreation Soil Transformation of Eastern Priol'khon Region. *Regional Geosystems*, 47(2): 175–191. DOI: 10.52575/2712-7443-2023-47-2-175-191

Введение

Значительное количество работ посвящено почвам и почвенному покрову Прибайкалья [Николаев, 1949; Мартынов, 1965; Семенов и др., 2000; Данько, Снытко 2004, Кузьмин, 2004; Воробьева, 2010; Черкашина и др. 2015; Белозерцева и др., 2016; Козлова, 2016; Лопатовская, 2018; Знаменская и др. 2020; и др.]. Однако территория восточного Приольхонья в отношении исследований процессов трансформации почв и пространственной организации почвенного покрова остается недостаточно изученной. Проведено картографирование почв Иркутской области В.А. Кузьминым в масштабе 1:2 500 000 [Атлас Иркутской области, 2004], а также в масштабе 1:25 000 ключевого участка залива Куркут [Знаменская и др., 2020]. Составлена карта «Цели территориального развития» с учетом особенностей почвенного покрова [Кузьмин, Гагаринова, 2004], карта «Современное землепользование» [Калеп, 2004]. Почвенный покров ключевых участков территории был описан при изучении почв С.Б. Кузьминым [2011], И.А. Белозерцевой и др. [2019], Т.И. Знаменской и др. [2018, 2020], Н.А. Зверевой [2021]. Дана характеристика микроэлементного состава почв Приольхонья Л.Н. Семеновой [2002], ландшафтно-геохимические особенности о. Ольхон Ю.М. Семеновым и др. [2000]. Тем не менее имеется недостаток аналитических данных, характеризующих процессы трансформации почв Приольхонья.

Цель исследования – определение степени трансформации почв восточного Приольхонья в зоне рекреационного воздействия.

Приольхонье входит в состав Прибайкальского национального парка. Район исследования находится на западном побережье Байкала вдоль пролива Малое Море (от устья р. Кулчулги до д. Замы). Ключевые участки исследования расположены вдоль автодороги Тогот – Курма на рекреационной зоне, протяженностью 24 км, от р. Хорги до р. Курмы (рис. 1).

Воздействие водных масс Байкала и Приморского хребта, а также удаленное расположение территории исследования от морей и океанов образовали климатические особенности региона. В условиях резко континентального сухого климата, глубокорасчлененного рельефа и сильных сезонных ветров сформировались остепененные и степные ландшафты региона.

На восточном склоне Приморского хребта и в Приольхонье четко выделяется горная зональность ландшафтов от горных степей до кедрово-лиственничных редколесий и ерни-

ков [Атлас Иркутской области, 2004]. Основные ключевые районы, расположенные на побережье, входят в подтаежно-степной пояс, где светлохвойные сосновые и лиственничные леса прилегают к степным участкам.

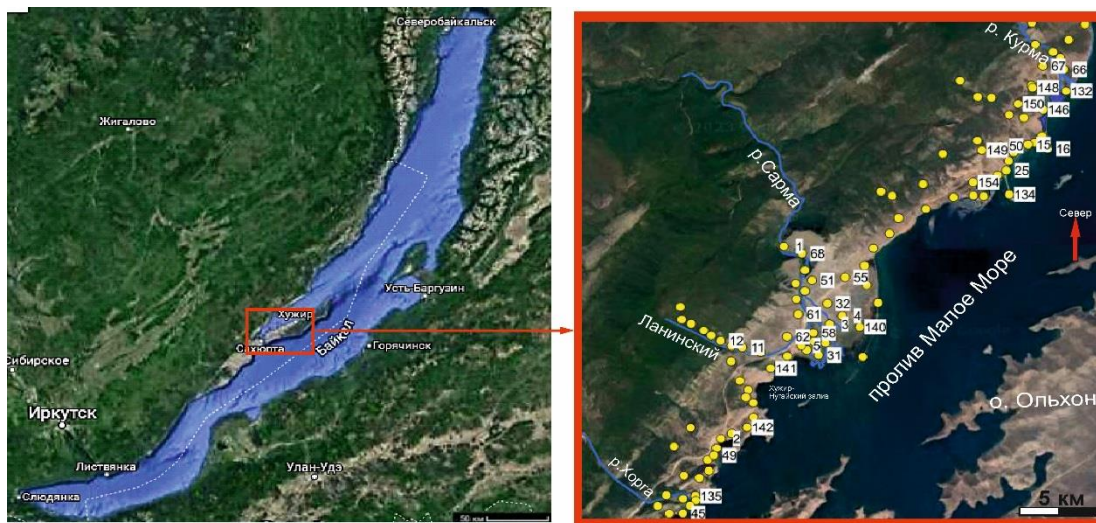


Рис. 1. Основные ключевые площадки территории исследования, 2014–2022 гг.

Fig. 1. Main key sites of the study area, 2014–2022

Ежегодно увеличивается количество рекреационных объектов (турбаз, гостиниц, отелей) вдоль береговой линии, но по-прежнему самым массовым является автомобильный и палаточный туризм (от 25 до 40 тыс. туристов за сезон) [Экологически ..., 2004]. Развитие туризма в прибрежных районах повысило интерес к изучению проблем трансформации почвенного покрова. По результатам ранее проведенных исследований Т.И. Знаменской и др. [2018] выявлено, что почвенный покров залива Куркут сильно эродирован.

Исследованиям различных свойств антропогенно-измененных почв в зоне рекреационного воздействия посвящены работы [Карпачевский, 1981; Лазарева, 1992; Kissling et al., 2009; Павлова и др., 2013; Cole, 2013; Кузнецов и др., 2015; Знаменская и др., 2020 и др.]. В качестве индикаторов деградации почв и ландшафтов рекреационных территорий часто выбирают такие показатели как: плотность, структура, биохимическая активность почв, продуктивность наземной массы растительности, степень эродированности почвенного покрова и др. Опубликованные данные различных авторов о трансформации содержания гумуса в почвах с повышенной рекреационной нагрузкой разноречивы. Ряд исследователей утверждают, что в рекреационной зоне наблюдается увеличение содержания гумуса в почвах в 1,5–2 раза [Добрынин, 1990; Amrein et al., 2005 и др.], а другие – такое же снижение [Жевелева, Офицерова, 1985; и др.]. Использование в качестве индикатора деградации почв рекреационных зон реакции почвенной среды, по мнению некоторых ученых, также противоречиво. Некоторые авторы отмечают, что $pH_{водн}$ почв на территории со значительной рекреационной нагрузкой понижается в результате разрушения почвенного покрова и обнажения почвообразующих пород [Monti, Mackintosh, 1979]. Другие авторы утверждают, что на участках, интенсивно посещаемых туристами, наблюдаются более высокие значения реакции среды почв [Amrein et al., 2005; Cole, 2013]. Недостаточно изучен вопрос комплексных исследований трансформации свойств и вещественного состава почв рекреационных зон, а также их связи с сопутствующими изменениями растительности. По мнению Ивонина М.М. и Авдонина В.Е. [2000], для индикации степени рекреационного воздействия и ранней диагностики деградации почвенного покрова можно использовать уровни и тенденции изменений физико-химических параметров почв.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – почвы восточного Приольхонья. Основные репрезентативные ключевые районы расположены на туристических тропах и стоянках, базах отдыха (от р. Хорги до р. Курмы). Дополнительные районы для сравнительной характеристики расположены вдоль побережья Малого моря от устья р. Кучулги до оз. Зама. Почвенный покров основных исследуемых районов представлен следующими типами почв: подзолы, дерново-подзолы, торфяно-подзолы, дерново-подзолистые, черноземы, серые, каштановые, темногумусовые, серогумусовые, аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые, аллювиальные гумусовые и темногумусовые, карболитоземы темногумусовые, стратоземы, псаммоземы, слоисто-аллювиальные (гумусовые) почвы и их антропогенные аналоги. Под лесной растительностью распространены дерново-подзолистые, под луговой и лугово-болотной – аллювиальные торфяно-глеевые и перегнойно-глеевые, под степной – темногумусовые и серогумусовые почвы. В 2013–2022 гг. проведены почвенно-геохимические исследования в восточном Приольхонье. Заложено более 100 почвенных разрезов, отобрано более 250 проб почв и пород. Плотность почв определена методом режущего кольца. Физико-химические анализы проведены в ХАЦ ИГ СО РАН, согласно общепринятым методам [Агрохимические..., 1975; Аринушкина, 1970; Теория и практика ..., 2006]. Актуальная кислотность почвы (рН) установлена в водной вытяжке потенциометрическим методом. Концентрация тяжелых металлов определена количественным спектральным методом на атомно-эмиссионном спектрометре. Содержание гумуса – по концентрации органического углерода методом Тюрина. Концентрация нитратного азота – дисульфифеноловым методом. Определение подвижных соединений фосфора и калия – методами Кирсанова (для бескарбонатных почв) и Мачигина (для карбонатных почв). Гранулометрический состав почв – по Качинскому.

Оценка экологического состояния почв строится на совместном изучении показателей, характеризующих как почвенное плодородие, так и ее загрязнение. Из определяемых загрязняющих химических элементов к первому классу опасности относятся – Рb, Zn, ко второму – Co, Ni, Cu, Cr, к третьему – Ba, Mn, V [ГОСТ 17.4.1.02-83]. Известно, что плотность почвы увеличивается под воздействием хозяйственной деятельности человека. Показатели гумусного состояния и гранулометрического состава почв относятся к числу консервативных свойств, формирующихся в течение длительного времени и столь же долго сохраняющихся. Однако воздействие человека на почвы становится настолько интенсивным, что происходит изменение устойчивых свойств [Гришина, Орлова, 1978].

К основным элементам питания растений относятся: аммиачный и нитратный азот (NH_4^+ , NO_3^-), подвижные соединения калия и фосфора (K_2O , P_2O_5) [Агрохимические..., 1975]. Накопление нитратов в почве свидетельствует о ее хорошем «санитарном» состоянии: те же величины рН, те же концентрации и состав почвенного раствора, степень аэрации, влажность и температура, которые благоприятны для большинства растений, способствуют и процессу нитрификации. В литературе имеются различные шкалы оценки содержания гумуса и основных элементов питания растений, например, (табл. 1) [Агрохимическая..., 2009].

Таблица 1
Table 1Группировка почв по содержанию гумуса, нитратов, подвижного фосфора и калия [Агрохимическая..., 2009]
Soil grouping by content of humus, nitrates, mobile phosphorus and potassium [Agrochemical..., 2009]

Показатели	Фосфор (по Кирсанову)	Калий (по Мачигину)	Нитраты	Содержание гумуса (по методу Тюрина)
	мг/кг			%
Очень низкое	< 25	< 100	< 4	0–2
Низкое	26–50	101–200	4–8	2,1–4,0
Среднее	51–100	201–300	8–15	4,1–6,0
Выше среднего	101–150	301–400	15–20	6,1–8,0
Высокое	151–250	401–600	20–25	8,1–10,0
Очень высокое	> 250	> 600	> 25	> 10

Результаты и их обсуждение

Рассмотрим физико-химические свойства почв исследуемой территории. Преимущественная часть почв побережья Байкала в восточном Приольхонье сформирована на склонах. Они маломощные, с большим содержанием дресвы и щебня пород с легким гранулометрическим составом. Они характеризуются высоким содержанием гумуса в верхних горизонтах и резким убыванием его с глубиной. Установлено, что реакция среды темногумусовых почв на побережье Байкала в основном близкая к нейтральной по всему профилю (от 6,1 до 7,3), иногда слабощелочная и щелочная (от 7,5 до 8,9) в месте обнажений карбонатных пород. Почвы под степной растительностью нейтральные, слабощелочные и щелочные с $pH_{водн}$ от 7,5 до 9,8 (серогумусовая, карболитоземы темногумусовые и др.). Почвы под луговой и лесной растительностью преимущественно нейтральной реакции, иногда слабокислые и кислые (до 4,5 в аллювиальной торфяно-глеевой и торфяно-подзоле), слабощелочные (до 7,6 в аллювиальной перегнойно-глеевой иловато-перегнойной). В некоторых случаях нижние горизонты аллювиальной перегнойно-глеевой иловато-перегнойной и темногумусовой, а также верхние горизонты серой и аллювиальной торфяно-глеевой имеют близкую к нейтральной реакцию среды. Органогенные горизонты аллювиальных почв имеют включения аллювиальных карбонатных отложений, подщелачивающие их. Почвы под степями и лугами имеют высокое содержание гумуса (в темногумусовой почве до 15 %). Иногда в темногумусовых почвах наблюдаются погребенные гумусовые горизонты с немного большим содержанием органического углерода (от 4 % $C_{орг}$), чем в вышележащих горизонтах (от 3,6 % $C_{орг}$). В погребенных органических горизонтах перегнойно-глеевых почв содержание органического вещества (от 65 % ППП (потери при прокаливании)) также больше, чем в позднее сформированных горизонтах (от 56 %). Дерновые горизонты почв под лесной растительностью имеют более повышенные его значения (до 18 %). Высокие значения гумуса (до 25 %) в аллювиальных почвах дают слаборазложившиеся органические остатки, при ППП 39–88 %. Для почв степных ландшафтов выявлена закономерность уменьшения содержания гумуса по мере приближения к рекреационной зоне от фоновой территории более чем в 2 раза. Сравнение проводилось для однотипных почв.

Почвы территории исследования в основном супесчаные, легкосуглинистые с преобладанием фракции песка. Иногда встречаются среднесуглинистые почвы. Фракция физической глины изменяется от 10 % до 26 %. Минеральные горизонты почв в основном рыхлые с включениями дресвы и щебня.

Согласно проведенным почвенно-геохимическим исследованиям, в качестве индикаторов трансформации почв на территории восточного Приольхонья могут быть использованы их следующие показатели (с ответной реакцией на рекреационную нагрузку): суммарный показатель загрязнения (по концентрации ТМ), содержание гумуса, плотность, содержание основных элементов питания растений. Показатель содержания гумуса, как уже



упоминалось, и в нашем случае показал себя противоречиво, и может быть использован только для почв степных ландшафтов. Луговые ландшафты кроме рекреационного воздействия, подвергаются пастбищному влиянию и периодически унавоживаются. Органические остатки жизнедеятельности животных дают повышенные значения содержания гумуса.

Исходя из полученных результатов составлена шкала оценки степени трансформации почв рекреационной зоны (табл. 2). Шкала имеет следующий вид: < 10 баллов – низкая степень; 10–12 баллов – средняя степень; > 12 баллов – сильная степень трансформации почв.

По каждому диагностическому показателю степень трансформации почв характеризуется тремя уровнями: 1 – низкая; 2 – средняя; 3 – сильная.

Таблица 2
Table 2

Шкала для балльной оценки трансформации почв в зоне рекреационного воздействия
(на примере восточного Приольхонья)
Scale for assessment of soil transformation in the zone of recreational impact
(on the example of Eastern Priol'khonye)

Индикаторные показатели													К, ΣБ	К, ΣБ***		
Интенсивность загрязнения		Содержание гумуса		Плотность почв		Оп		Содержание основных элементов питания растений								
Zc	К, Б	%	К, Б	г/см ³	К, Б	%	Б	NO ₃ ⁻		P ₂ O ₅		K ₂ O			К, СрΣБ	
								млн ⁻¹	Б	млн ⁻¹	Б	млн ⁻¹	Б			
< 3	Чистая и слабая 1 балла	8,1–10	Высокое 1	1–1,2	Допустимая 1	0–15	1	21–25	1	151–250	1	401–600	1	Высокое 1	Низкая < 10	Низкая > 7
3–10	Умеренная 2 балла	4,1–8	Среднее 2	0,4–1,0* 1,2–1,3**	Средняя 2	16–29	2	20–9	2	51–150	2	201–400	2	Среднее 2	Средняя 10–12	Средняя 9–7
> 10	Сильная 3 балла	0–4	Низкое 3	< 0,4* > 1,3**	Высокая 3	> 30	3	< 8	3	< 50	3	< 200	3	Низкое 3	Сильная > 12	Сильная > 9

Примечание. Zc – суммарный показатель загрязнения; К – категория; Б – балл; Оп – опесчанивание (уменьшение содержания фракции < 0,01 мм); * для луговых почв; ** для степных почв; СрΣБ – усредненный балл; ΣБ – интегральный показатель степени трансформации почв (сумма баллов); ΣБ*** – интегральный показатель степени трансформации почв без учета Сорг (сумма баллов).

Индекс суммарного загрязнения исследуемых элементов Zc рассчитан по методике [Сае́т и др., 1990] в авторской модификации. Шкала загрязнения отредактирована с учетом легкой ранимости и уникальности ландшафтов побережья Байкала, низких фоновых значений химических элементов в компонентах геосистем. Интервалы интенсивности загрязнения приняли по Добровольскому [1997]. В качестве фоновых для расчета Кс в Zc использованы наиболее распространенные почвы – темногомусовые. Фоновые содержания химических элементов в почвах приняты в расчет по [Гребенщикова и др., 2008]. Показатель содержания основных элементов питания растений усредняется (среднее из суммы баллов по NO₃⁻, P₂O₅, K₂O). Сумма баллов всех индикаторов дает представление о степени трансформации почв, как совокупный показатель продвинутости процесса в настоящее время.

По предложенной схеме проведена оценка трансформации почв ключевых участков восточного Приольхонья, в баллах (табл. 3).

На основании полученных данных составлена картосхема трансформации почв восточного Приольхонья (рис. 2).

Таблица 3
Table 3

Степень трансформации верхних горизонтов почв некоторых ключевых участков восточного Приольхонья
The degree of transformation of the upper soil horizons of some key areas of the Eastern Priol'khon Region

Местоположение	№ площадки, почва	Горизонт	Индикаторные показатели											ΣБ	К	ΣБ	К***	
			Содержание гумуса		Плотность почв		Оп		Содержание осн. эл-тов питания растений				Загрязнение					
			%, ППП*	Б	ρ, г/см ³	Б	%	K ₂ O	P ₂ O ₅	NO ₃ ⁻	SrΣ	B	Zc					B
Руч. Ланинский, древние железоплавильни и городище, туристическая стоянка	11, агро-урбокаштановая	AJ	4,8	2	0,50	2	20	2	150	5	0,03	3	12,6	3	12	Средняя	10	Сильная
Предгорный склон Приморского хребта, туристическая стоянка по тропе «Ланинская».	12, темногумусовая	AU	6,4	2	0,90	2	12	1	123	7	0,64	3	10,8	3	11	Средняя	9	Средняя
Дельта р. Сарма с левого борга в 40 м от уреза воды оз. Байкал. Прибрежная рекреационная зона	31, аллювиальная торфяно-глеявая торфяно-минеральная	T	88,2*	1	0,41	2	31	3	120	112	0,67	3	2,3	1	8	Средняя	7	Средняя
Дельта р. Сармы в 1 км от дороги и 200 м от уреза воды в оз. Байкал, рекреационная зона 500 м к северо-западу от д. Сарма.	32, аллювиальная перегнойно-глеявая иловато-перегнойная	Tmg	59,2*	1	0,68	2	34	3	102	18	0,84	3	1,7	1	8	Средняя	7	Средняя
Малая рекреационная нагрузка	61, темногумусовая	AU	9,9	1	0,94	2	17	2	28	3	0,89	3	1,2	1	7	Средняя	6	Низкая
По профилю от Сарминского гольца до оз. Байкал, побережье, комплекс турбаз	62, серогумусовая	AU	0,8	3	0,69	2	36	3	250	5	0,62	3	5,8	2	13	Сильная	10	Сильная
Южный склон к долине р. Сарма	55, темногумусовая	AU	7,9	2	0,68	2	21	2	69	9	2,49	3	1,2	1	10	Средняя	8	Средняя
За стационаром ИГУ, пойма р. Сарма, побережье Байкала	60, аллювиальная торфяно-глеявая торфяно-минеральная	Tmg	46,6*	1	0,45	2	19	2	50	8	0,90	3	1,2	1	9	Низкая	6	Низкая
Около стационара ИГУ, долина р. Сарма	58, чернозем глинисто-иллювиальный	AU	12,8	1	0,61	2	16	2	53	347	2,98	2	1,1	1	8	Средняя	7	Средняя
Пойма р. Сарма, «гранатовое» ущелье, туристическая стоянка	59, аллювиальная торфяно-глеявая	T	89,2*	1	0,52	2	23	2	125	8	0,76	3	0,0	1	9	Средняя	8	Средняя

Окончание таблицы 3
End of table 3

Правый берег р. Сарма, присклоновая поверхность	42, аллювиальная темногумусовая	AU	12,1	1	1,11	1	12	1	715	77	0,74	2	0,0	1	6	Низкая	5	Низкая
Долина р. Сарма, 20 м от берега, туристическая тропа	43, аллювиальная торфяно-глебовая торфяно-минеральная	T	65,3*	1	0,32	3	23	3	115	4	1,07	3	1,5	1	11	Средняя	10	Сильная
Сарминское ущелье, присклоновая поверхность, туристическая стоянка	68, каштановая	AJ	8,0	2	1,03	1	26	2	92	8	2,95	3	1,2	1	9	Средняя	7	Средняя
Курминская туристическая тропа	681, торфяно-подзол	T	44,4*	1	0,34	3	17	2	42	9	0,90	3	0,0	1	10	Средняя	9	Средняя
Склон к долине р. Курма	67, дерново-подзол	AU	13,4	1	0,96	1	23	2	41	9	4,20	3	1,8	1	8	Низкая	7	Средняя
Побережье Байкала за д. Курма	124, дерново-подзолистая	AU	9,0	1	0,99	1	0	1	167	123	0,1	2	1,7	1	6	Низкая	5	Низкая
Курминская губа, около озера	134, аллювиальная перегнойно-глебовая иловато-перегнойная	Hmg	39,0*	1	0,43	2	32	3	56	3	0,6	3	2,6	1	10	Средняя	9	Средняя
Хужир-Нутайский залив, турбазы	137, темногумусовая	AU	6,0	2	0,78	2	31	3	316	5	3,2	3	3,4	2	12	Средняя	10	Сильная
Устье р. Хорга, турбаза	138, слоисто-аллювиальная	AU**	3,6	2	0,59	2	34	3	118	43	1,0	3	2,7	2	12	Средняя	10	Сильная
Устье р. Курма, турбаза	139, слоисто-аллювиальная	AU**	1,2	3	0,88	2	36	3	108	6	8,6	3	1,5	1	12	Средняя	9	Средняя
Хужир-Нутайский залив, пастбище	141, темногумусовая	AU	8,9	1	0,90	2	31	3	228	321	3,6	2	1,0	1	9	Низкая	8	Средняя
Мыс Шидла	142, темногумусовая	AU	8,0	2	0,88	2	36	3	190	118	18,5	2	3,3	2	11	Средняя	9	Средняя
Перед Курминской косой	146, темногумусовые	AU	12,0	1	1,08	1	14	1	290	195	6,0	1	2,1	1	5	Низкая	4	Низкая
Курминский залив	147, аллювиальная перегнойно-глебовая	H	18,5	1	0,46	2	15	1	325	202	8,8	1	2,6	1	6	Низкая	5	Низкая
д. Курма, рекреационная зона	150, староем темногумусовый	RU	6,0	2	0,90	2	33	3	111	26	3,3	3	2,9	1	11	Средняя	9	Средняя
Пойма р. Курма	152, аллювиальная гумусовая	AU	13,9	1	0,75	2	24	2	100	50	8,1	3	2,4	1	9	Средняя	8	Средняя
д. Курма, крутой склон к оз. Байкал, рекреационная зона	153, псаммозем гумусовый	W	3,8	3	0,66	2	37	3	71	2	1,2	3	1,6	1	12	Сильная	9	Средняя

Примечание. Zс – суммарный показатель загрязнения; Б – балл; Оп – опесчанание (уменьшение содержания фракции < 0,01 мм); СрЗБ – усредненный балл; ΣБ – сумма баллов; ΣБ** – сумма баллов без учета Сорг; ППП* – потери при прокаливании; К – степень трансформации почв; К** – степень трансформации почв без учета Сорг.

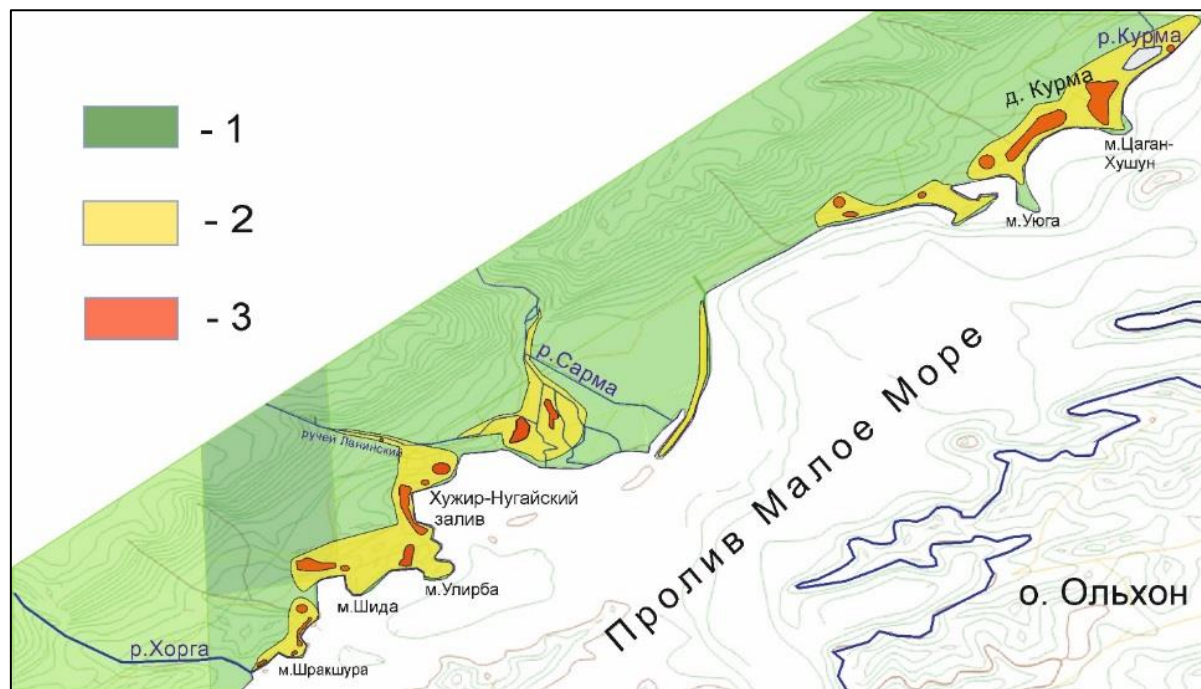


Рис. 2. Трансформация почв восточного Приольхонья
(степень трансформации: 1 – слабая, 2 – средняя, 3 – сильная)
Fig. 2. Soil transformation of Eastern Priol'khonye
(degree of transformation: 1 – weak, 2 – medium, 3 – strong)

Сильная стадия трансформации почв выявлена в районе н.п. Шида, Сарма, Курма, на побережье заливов Хагдан-Далай, Хужир-Нугайский и Шида, мыса Шида, в устье рек Хорги и Курмы, которая занимает менее 1 % площади территории исследования (профиль от побережья Байкала до гольцов). Если рассматривать только побережье Малого моря площадь сильно трансформированных почв составляет около 4 %. Установлена опасная категория загрязнения почв в д. Сарме и на туристической тропе «Ланинская».

Средняя стадия трансформации почв зафиксирована около населенных пунктов, турбаз, палаточных стоянок, вдоль туристических троп и дорог. Их площадь на побережье Малого моря составляет около 27 %. Слабая степень трансформации почв отмечена на большей части территории исследования.

Щелочная и слабощелочная реакция некоторых горизонтов почв, повышенное содержание гумуса в них являются геохимическими барьерами для тяжелых металлов. Выявлена высокая концентрация ТМ в почвах под степной растительностью на побережье, а также на остепненных участках предгорья в рекреационной зоне по сравнению с почвами среднегорья с низкой туристической посещаемостью.

Обнаружена концентрация Cu, Co, Zn, Ni, Pb и Mn, превышающая санитарно-гигиенические нормы (ПДК для Mn и Co, ОДК для остальных элементов) [СанПиН 1.2.3685-21], в почвах д. Сармы, комплекса турбаз в заливе Хужир-Нугайский, туристических стоянок и троп (с подъездом автотранспорта) вдоль Ланинского ручья и древнего городища (рис. 3, 4). Концентрации Zn в почвах туристических троп и автостоянок превышают санитарно-гигиенические нормы в 1,5–2 раза, Cu – 1,1–8 раз, Co – 1,2 раза, Ni – 2–15 раз, Pb – 1,1–1,9 раза, Mn – 1,1–1,7 раза.

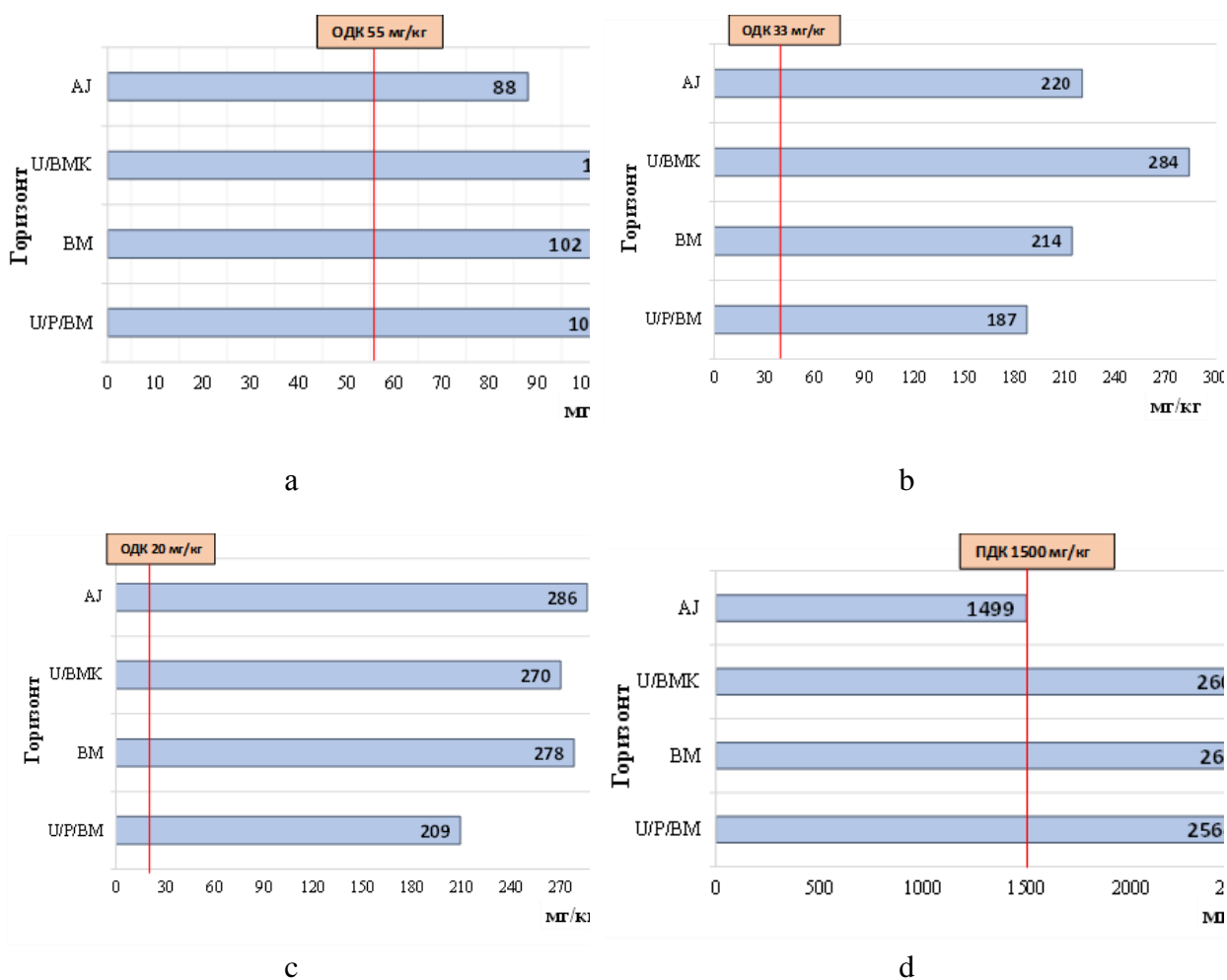


Рис. 3. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в агроурбокаштановой почве, начало туристической тропы по р. Ланинский, мг/кг
 Fig. 3. Content of а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn in Anthrosols, start of tourist trail along Laninsky creek, mg/kg

В аллювиальных почвах луговых и лугово-болотных ландшафтов побережья Малого Моря, а также в темногумусовой и серой почвах присклоновой поверхности с низкой рекреационной нагрузкой больших концентраций ТМ, превышающих ОДК, не выявлено (рис. 5, 6). Данные территории являются менее доступными для автотранспорта, они находятся в удовлетворительном экологическом состоянии.

Установлена корреляционная связь между содержанием ТМ и гумуса в почве (сильная связь для Mn, Ba, Cu, V, Pb; средняя – Co, Zn; слабая – Cr). Выявлена слабая корреляционная зависимость между содержанием ТМ и фракцией физической глины. Средняя корреляционная связь – между реакцией почв и концентрацией Cr, слабая – с Zn, Ni и Cu (табл. 3).

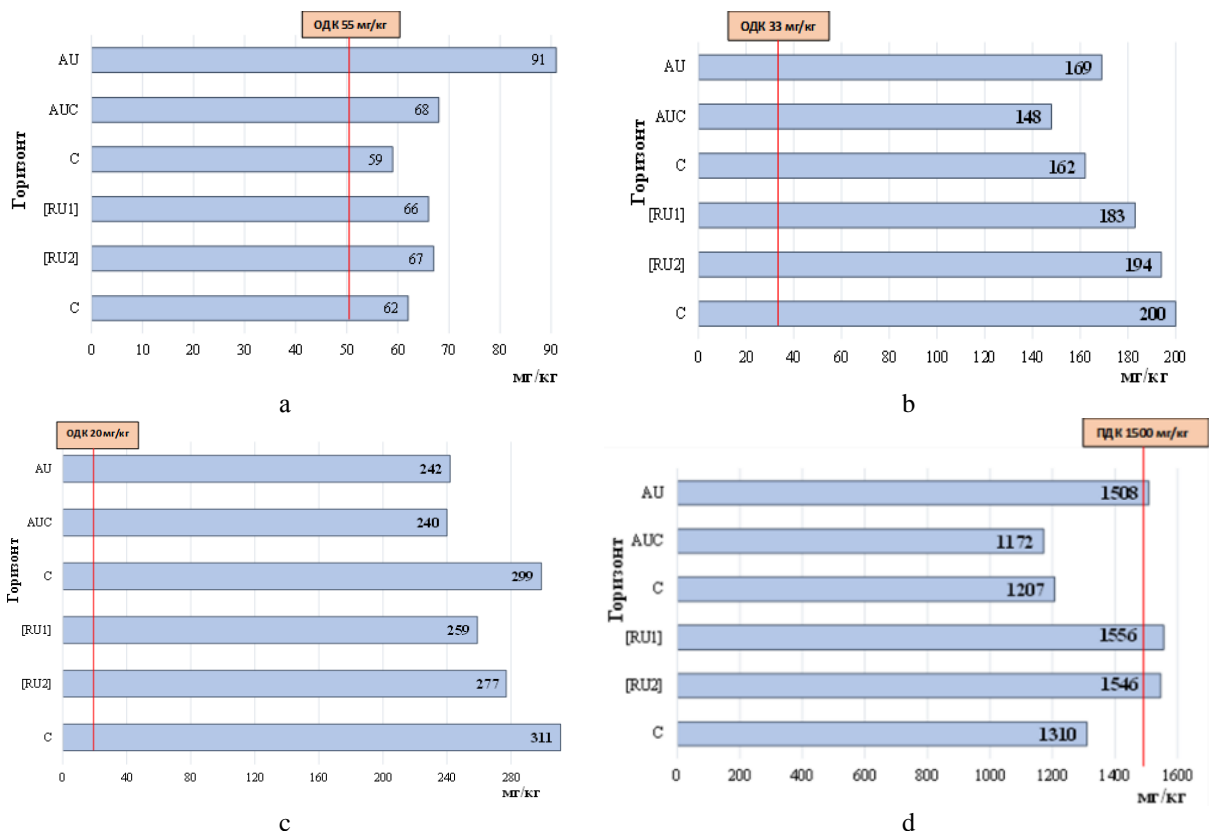


Рис. 4. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в темногумусовой почве с погребенными гумусовыми горизонтами, туристическая стоянка на тропе по р. Ланинский, мг/кг
Fig. 4. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Umbrisols, tourist parking on the Laninsky Creek trail, mg/kg

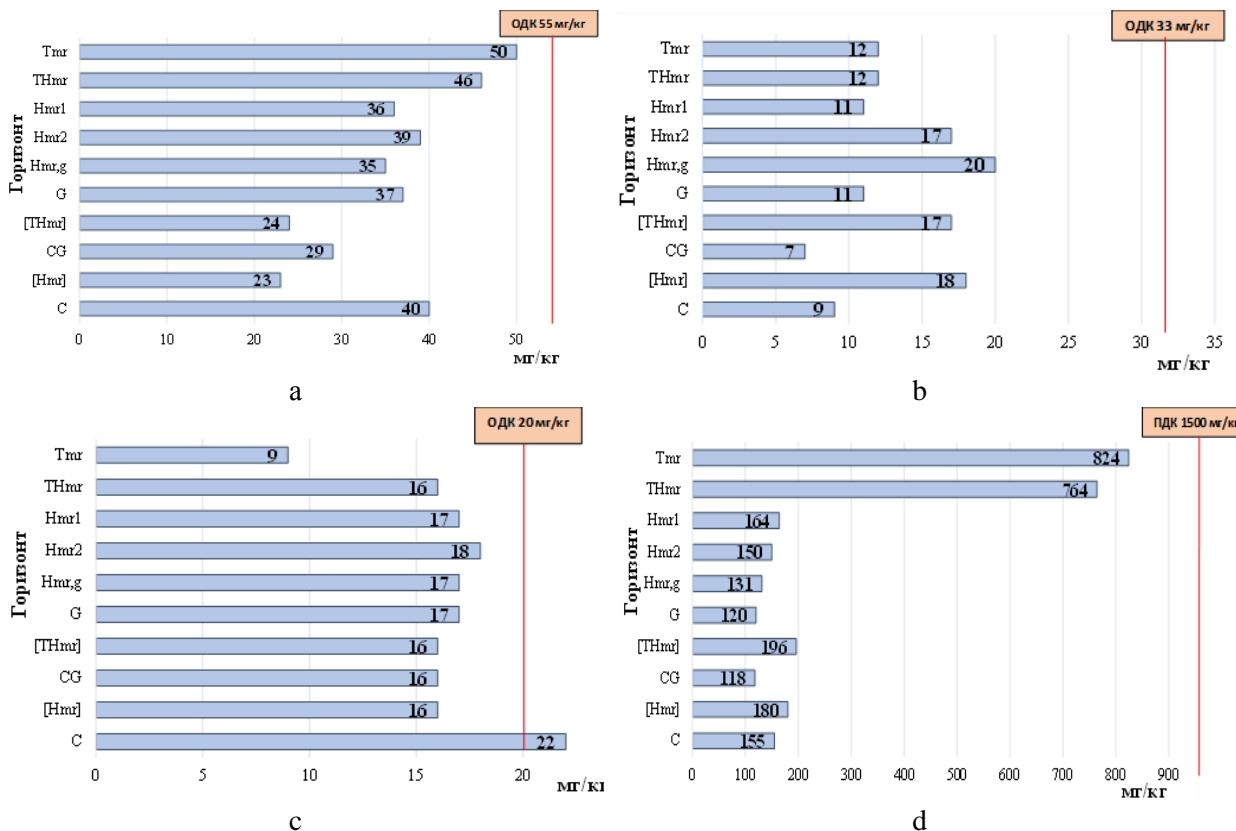


Рис. 5. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в аллювиальной торфяно-глеевой торфяно-минеральной почве, пойма р. Сармы, побережье оз. Байкал
Fig. 5. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Fluvisols, floodplain of Sarma River, coast of Lake Baikal

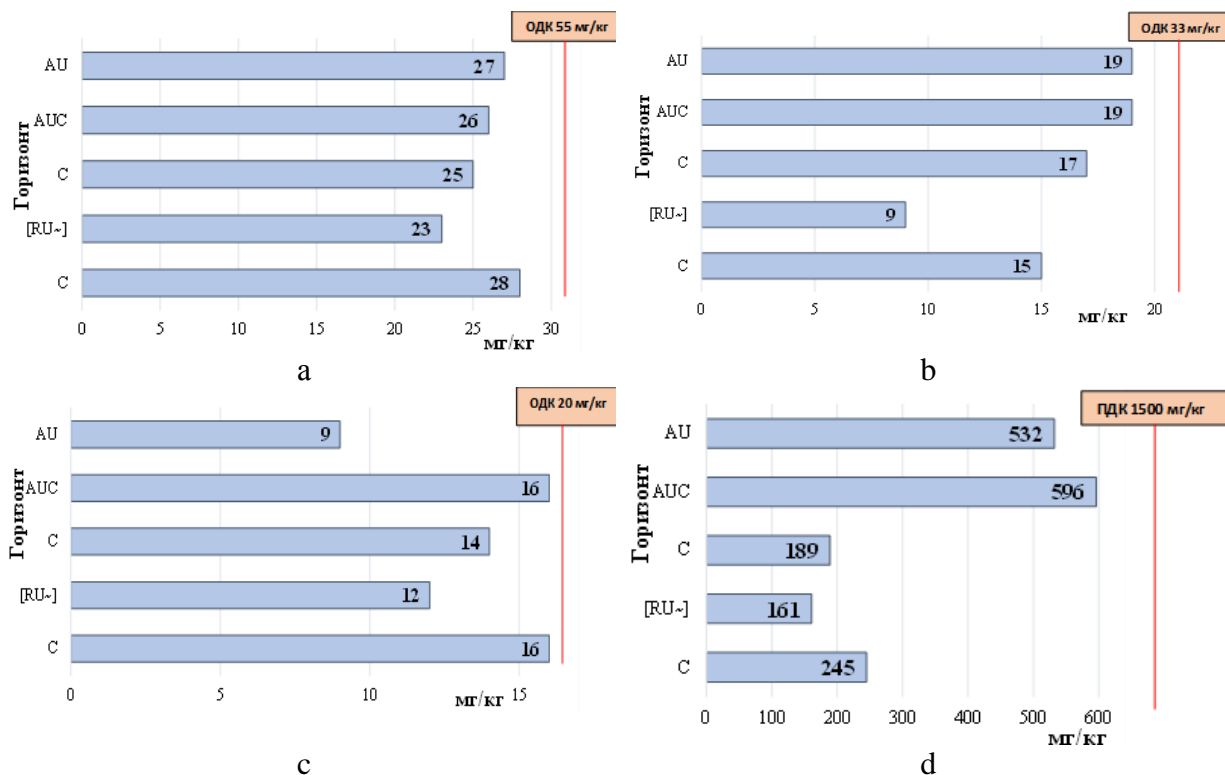


Рис. 6. Содержание: а) Zn, б) Cu, в) Ni, г) Mn в темногоумусовой почве с погребенными гумусовыми горизонтами, уступ предгорного делювиального склона Приморского хребта, в 500 м к северо-западу от д. Сарма, мг/кг
Fig. 6. Content of: a) Zn, b) Cu, c) Ni, d) Mn in Umbrisols, ledge of the foothill deluvial slope of the Primorsky ridge, 500 m northwest of the village Sarma mg/kg

Таблица 3
Table 3

Коэффициенты корреляции между концентрациями загрязняющих элементов и показателями физико-химических свойств почв
Correlation coefficients between pollutant concentrations and soil physicochemical properties

Физико-химические свойства	Mn	Ba	Cu	Ni	Co	Cr	V	Pb	Zn
pH	0,14	0,10	0,39	0,43	0,12	0,52	0,11	0,13	0,35
Гумус	0,86	0,70	0,71	0,48	0,56	0,31	0,83	0,88	0,55
Физическая глина	0,32	0,35	0,18	0,23	0,26	0,24	0,23	0,29	0,27

Процессам опесчанивания (потере фракции физической глины более чем на 25 %) подвержены почвы туристических троп вдоль устьев рек Сармы и Курмы, н.п. Курма и Сарма, мыса Шида, зал. Хужир-Нугайский и на побережье Малого моря на месте турбаз и палаточных стоянок.

В результате проведенных исследований выявлено уплотнение почвы на побережье в зоне рекреационного воздействия. Плотность почвы на территории палаточных стоянок составляет в среднем от 0,88 до 1,16 г/см³, на туристических тропах и турбазах – от 1,08 до 1,18 г/см³, на фоновых участках естественных ландшафтов – от 0,45 до 0,81 г/см³. Обедненными на основные элементы питания растений почвами оказались почвы рекреационных территорий (туристических троп и стоянок, комплекса турбаз).

Малопродуктивные, очень чувствительные к эрозионным процессам и сильно трансформированные почвы не рекомендуются для рекреационного использования.

Заключение

Особенности природно-климатических условий восточного Приольхонья (геологическое строение, рельеф, сухой климат, гранулометрический и химический состав почв) и высокая рекреационная нагрузка благоприятствуют процессам трансформации почв. Наиболее трансформированные почвы на южных склонах с легкими породами под степной растительностью приурочены к населенным пунктам, турбазам, туристическим тропам и стоянкам.

На побережье Малого моря в зоне рекреационного воздействия выявлена трансформация физических, физико-химических и химических показателей почв. Выявлено: ухудшение физических свойств почв, накопление макро- микроэлементов, уменьшение содержания гумуса (под степями), увеличение степени опесчаненности и плотности почв, а также дефицит основных элементов питания растений. Показатель по содержанию гумуса выражен неоднозначно. Выявлено уменьшение содержания гумуса на рекреационных территориях в сравнении с фоновыми участками для степных почв. При периодическом унавоживании почв пастбищ под луговой растительностью этот показатель для интегральной оценки рекреационной трансформации почв неинформативен.

Выявлена корреляционная зависимость накопления токсических элементов в почвах от их свойств (реакция среды, содержание гумуса и фракции физической глины). Наиболее высокие содержания ТМ обнаружены в слабощелочных и щелочных, органогенных и среднесуглинистых горизонтах, которые являются геохимическими барьерами.

Сильная степень трансформации почв наблюдается локально около населенных пунктов, турбаз, палаточных стоянок, туристических троп и дорог, занимающих около 4 % территории побережья Малого моря. Площадь территории с почвами средней стадии трансформации составляет около 27 % побережья.

Список источников

- Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий и рекомендации по применению удобрений в ООО «Бильчир» Осинского района Иркутской области. 2009. Иркутск, ФГБУ ЦАС «Иркутский» 29 с.
- Аринушкина Е.В. 1970. Руководство по химическому анализу почв. М., Издательство Московского университета, 487 с.
- Атлас Иркутской области. 2004. М., Иркутск, Институт географии СО РАН, 90с.
- ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М., Госстандарт. Электронный ресурс. URL: https://enadm.ru/uploads/docs/municipal_control/ground_control/2019/normative%20legal%20acts/Normative_acts_F_E/2021/1.pdf (дата обращения 13.02.2023).
- Кузьмин В.А. 2004. Почвенный покров. Атлас Иркутской области. М., Иркутск, ИГ СО РАН, 41 с.
- СанПиН 1.2.3685-21 IV. Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. 2021. Электронный ресурс. URL: http://test.safe-work.ru/Bibl/BibOT/n123685-21_4.html (дата обращения 13.02.2023).

Список литературы

- Агрохимические методы исследования почв. 1975. М., Наука, 656 с.
- Белозерцева И.А., Владимиров И.Н., Убугунова В.И., Убугунов В.Л., Екимовская О.А., Бардаш А.В. 2016. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование. География и природные ресурсы, 5: 70–82. DOI: 10.21782 / GiPR0206-1619-2016-5
- Белозерцева И.А., Лопатина Д.Н., Зверева Н.А. 2019. Почвы восточного Приольхонья на побережье озера Байкал: современное состояние и использование. Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 97: 21–51. DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-21-51



- Воробьева Г.А. 2010. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск, ИГУ, 205 с.
- Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. 2008. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 234 с.
- Гришина Л.А., Орлова Д.С. 1978. Система показателей гумусного состояния почв. Проблемы почвоведения, 42–47.
- Данько Л.В., Снытко В.А. 2004. Почвенно-геохимическая специфика экотонов тайги и степи Приольхонья. География и природные ресурсы, 1: 59–65.
- Добровольский В.В. 1997. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы. Почвоведение, 4: 431–441.
- Добрынин А.П. 1990. Закономерности рекреации деградации лесов Сибири и Дальнего Востока. Проблемы лесоведения и лесной экологии, 2: 521–523.
- Жевелева Е.М., Офицерова О.В. 1985. Влияние рекреационной нагрузки на некоторые химические свойства почв. Вестник МГУ, 2: 63–65.
- Зверева Н.А. 2021. Освоение и использование земель Приольхонья. Успехи современного естествознания, 2: 94–99. DOI: 10.17513/use.37580
- Знаменская Т.И., Вантеева Ю.В., Солодянкина С.В. 2018. Факторы развития водной эрозии почв в зоне рекреационной деятельности в Приольхонье. Почвоведение, 2: 221–228. DOI: 10.7868/S0032180X18020107
- Знаменская Т.И., Солодянкина С.В., Вантеева Ю.В. 2020. Почвенный покров Приольхонья. Почвоведение, 6: 653–662. DOI: 10.31857/S0032180X20060167
- Ивонин М.М., Авдонин В.Е. 2000. Эрозия бурых лесных почв в связи с рекреационной дигрессией. Почвоведение, 2: 243–251.
- Калеп Л.Л. 2004. Современное землепользование. В кн.: Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Иркутск, ИГ СО РАН: 46–50.
- Карпачевский Л.О. 1981. Лес и лесные почвы. М., Изд-во Лесная промышленность, 264 с.
- Козлова А.А. 2016. Почвенный покров Южного Предбайкалья: история изучения, современное состояние. Научное обозрение. Биологические науки, 2: 60–73.
- Кузнецов В.А., Рыжова И.М., Телеснина В.М., Стома Г.В. 2015. Количественная оценка влияния рекреации на растительность, подстилку и плотность почв лесопарков Москвы. Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение, 1: 21–29.
- Кузьмин В.А., Гагаринова О.В. 2004. Почвы и водная среда. В кн.: Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Иркутск, ИГ СО РАН: 69–81.
- Кузьмин С.Б. 2011. Палеоэкологические модели этноприродных взаимодействий. Новосибирск, Академическое изд-во «Гео», 187 с.
- Лазарева И.П. 1992. Особенности рекреационной деградации почв. В кн.: Антропогенная динамика почв таёжных экосистем. Петрозаводск, Карельский Научный Центр РАН. Институт леса: 174–190.
- Лопатовская О.Г. 2018. Засоленные почвы Приольхонья и острова Ольхон. Иркутск, Изд-во ИГУ, 205 с.
- Мартынов В.П. 1965. Почвы горного Прибайкалья. Улан-Удэ, Бурятское книжное издательство, 164 с.
- Николаев И.В. 1949. Почвы Иркутской области. Иркутск, ОГИЗ, 404 с.
- Павлова К.С., Робертус Ю.В., Кивацкая А.В. 2013. Характер изменений свойств и состава почв рекреационных территорий (на примере Катунского района Республики Алтай). Мир науки, культуры, образования, 1(38): 338–342.
- Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. 1990. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 335 с.
- Семенов Ю.М., Снытко В.А., Семенова Л.Н., Данько Л.В. 2000. Ландшафтно-геохимические особенности острова Ольхон на Байкале. География и природные ресурсы, 1: 59–63.
- Семенова Л.Н. 2002. Особенности микроэлементного состава почв геосистем Приольхонья. География и природные ресурсы, 4: 62–67.
- Теория и практика химического анализа почв. 2006. Под ред. Л.А. Воробьевой. М., ГЕОС, 399 с.



- Черкашина А.А., Голубцов В.А., Силаев А.В. 2015. Постагрогенная трансформация почв Тункинской котловины. Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле, 11: 128–140.
- Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. 2004. Отв. Ред. А.Н. Антипов, Е.Г. Суворов. Иркутск, ИГ СО РАН, 141 с.
- Amrein D., Rusterholz H.P., Baur B. 2005. Disturbance of Suburban Fagus Forests by Recreational Activities: Effects on Soil Characteristics, Above-Ground Vegetation and Seed Bank. Applied Vegetation Science, 8(2): 175–182. DOI: 10.1111/j.1654-109X.2005.tb00643.x
- Cole D.N. 2013. Changing conditions on wilderness campsites: Seven case studies of trends over 13 to 32 years. General Technical Report RMRS-GTR-300. Fort Collins, CO, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 99 p.
- Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. 2009. Short-Term and Long-Term Effects of Human Trampling on Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. Applied Soil Ecology, 42(3): 303–314. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.05.008
- Monti P.W., Mackintosh E.E. 1979. Effect of Camping on Surface Soil Properties in Boreal Forest Region of North-Western Ontario, Canada. Soil Science Society of America Journal, 43(5): 1024–1029. DOI: 10.2136/sssaj1979.03615995004300050042x

Reference

- Agrokhimicheskiye metody issledovaniya pochv [Agrochemical Methods for Soil Research]. 1975. Moscow, Publ. Nauka, 656 p.
- Belozertseva I.A., Vladimirov I.N., Ubugunova V.I., Ubugunov V.L., Ekimovskaya O.A., Bardash A.V. 2016. Soils of the Water Protection Zone of Lake Baikal and Their Use. Geography and Natural Resources, 5: 70–82 (in Russian). DOI: 10.21782 / GiPR0206-1619-2016-5
- Belozertseva I.A., Lopatina D.N., Zvereva N.A. 2019. Soils of the Eastern Priol'khonye on the Coast of the Lake Baikal: Current State and Use. Dokuchaev Soil Bulletin, 97: 21–51 (in Russian). DOI: 10.19047/0136-1694-2019-97-21-51
- Vorobyova G.A. 2010. Pochva kak letopis prirodnikh sobytiy Pribaykalia: problemy evolyutsii i klassifikatsii pochv [Soil as a Chronicle of the Natural Events of Baikalia: Problems of Soil Evolution and Classification]. Irkutsk, Publ. ISU, 205 p.
- Grebenshchikova V.I., Lustenberg E.E., Kitaev N.A., Lomonosov I.S. 2008. Geokhimiya okruzhayushchey sredy Pribaykalia (Baykalskiy geokologicheskiy poligon) [Geochemistry of the Circling Environment of the Baikal Region (Baikal Geocological Polygon)]. Novosibirsk, Publ. Academic publishing house "Geo", 234 p.
- Grishina L.A., Orlova D.S. 1978. Sistema pokazateley gumusnogo sostoyaniya pochv [System of Indicators of the Humic State of Soils]. Problemy pochvovedeniya, 42–47.
- Danko L.V., Snytko V.A. 2004. Pochvenno-geokhimicheskaya spetsifika ekotonov taygi i stepi Priol'khonia [Soil and Geochemical Specificity of Taiga Ecotons and Priol'khonye Steppe]. Geografiya i prirodnyye resursy, 1: 59–65.
- Dobrovolsky V.V. 1997. Biosfernyye tsikly tyazhelykh metallov i regul'yatornaya rol pochvy [Biosphere Cycles of Heavy Metals and Regulatory Role of Soil]. Pochvovedeniye, 4: 431–441.
- Dobrynin A.P. 1990. Zakonomernosti rekreatsii degradatsii lesov Sibiri i Dalnego Vostoka [Patterns of Recreation of Forest Degradation in Siberia and the Far East]. Problemy lesovedeniya i lesnoy ekologii, 2: 521–523.
- Zheveleva E.M., Ofitserova O.V. 1985. Vliyaniye rekreatsionnoy nagruzki na nekotoryye khimicheskiye svoystva pochv [Influence of Recreational Load on Some Chemical Properties of Soils]. Vestnik MGU, 2: 63–65.
- Zvereva N.A. 2021. Development and Use of Lands of Priol'khon Region. Modern Natural History Successes, 2: 94–99 (in Russian). DOI: 10.17513/use.37580
- Znamenskaya T.I., Vanteeva J.V., Solodyankina S.V. 2018. Factors of the Development of Water Erosion in the Zone of Recreation Activity in the Ol'khon Region. Eurasian soil science, 51(2): 221–228 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229318020151
- Znamenskaya T.I., Solodyankina S.V., Vanteeva Y.V. 2020. Soil Cover of the Cis-Ol'khon Area, Baikal Region. Eurasian soil science, 53 (6): 707–714 (in Russian). DOI: 10.1134/S1064229320060162



- Ivonin M.M., Avdonin V.E. 2000. Erosion of Brown Forest Soils Related to Recreational Digression. *Eurasian soil science*, 33(2): 212–220 (in Russian).
- Kalep L.L. 2004. Modern Land Use. In: *Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. Irkutsk, Publ. IG SB RAS: 46–50 (in Russian).
- Karpachevsky L.O. 1981. *Les i lesnyye pochvy [Forest and Forest Soils]*. Moscow, Publ. Lesnaya promyshlennost, 264 p.
- Kachinsky N. A. 1958. Mechanical and microaggregate composition of the soil, methods of its study. M., Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 193 p.
- Kozlova A.A. 2016. Soil Cover Southern Baikal Region: History of the Study, the Current Status. *Biological Sciences*, 2: 60–73 (in Russian).
- Kuznetsov V.A., Ryzhova I.M., Telesnina V.M., Stoma G.V. 2015. Quantitative Assessment of the Impact of Recreation on Vegetation, Litter and Soil Density of Forest Parks in Moscow. *Bulletin of Moscow University. Series 17: Soil Science*, 1: 21–29 (in Russian).
- Kuzmin V.A., Gagarinova O.V. 2004. Soils and Aquatic Environment. In: *Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. Irkutsk, Publ. IG SB RAS: 69–81 (in Russian).
- Kuzmin S.B. 2011. *Paleoecological Models of Ethnic-Nature Relationship*. Novosibirsk, Publ. Akademicheskoye izdatelstvo «Geo», 187 p. (in Russian).
- Lazareva I.P. 1992. Osobennosti rekreatsionnoy degradatsii pochv [Features of Recreational Soil Degradation]. In: *Antropogennaya dinamika pochv tayezhnykh ekosistem [Anthropogenic Dynamics of Soils of Taiga Ecosystems]*. Petrozavodsk, Nauchnyy Tsentr RAN. Institut lesa: 174–190.
- Lopatovskaya O.G. 2018. *Zasolennyye pochvy Priolkhonia i ostrova Olkhon [Salted Soils of Priolhon and the Islands of Olhon]*. Irkutsk, Publ. ISU, 205 p.
- Martynov V.P. 1965. *Pochvy gornogo Pribaykalia [Soils of the Mountainous Baikal Region]*. Ulan-Ude, Publ. Buryatskoye knizhnoye izdatelstvo, 164 p.
- Nikolaev I.V. 1949. *Pochvy Irkutskoy oblasti [Soils of the Irkutsk region]*. Irkutsk, Publ. OGIZ, 404 p.
- Pavlova K.S., Robertus Yu.V., Kivatskaya A.V. 2013. Character Property Changes and Composition in the Soil of Recreational Area (by the Example of Katunsky District). *World of Science, Culture, Education*, 1(38): 338–342 (in Russian).
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A.I., Sarkisyan S.Sh. 1990. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy [Geochemistry of the Environment]*. Moscow, Publ. Nedra, 335 p.
- Semenov Yu.M., Snytko V.A., Semenova L.N., Danko L.V. 2000. *Landshaftno-geokhimicheskiye osobennosti ostrova Olkhon na Baykale [Landscape and Geochemical Features of Olkhon Island on Lake Baikal]*. *Geografiya i prirodnyye resursy*, 1: 59–63.
- Semenova L.N. 2002. Osobennosti mikroelementnogo sostava pochv geosistem Priolkhonia [Features of the Microelement Composition of Soils of Geosystems of Priol'khon Region]. *Geografiya i prirodnyye resursy*, 4: 62–67.
- Teoriya i praktika khimicheskogo analiza pochv [Theory and Practice of Chemical Soil Analysis]*. 2006. Ed. by L.A. Vorobyova. Moscow, Publ. GEOS, 399 p.
- Cherkashina A.A., Golubtsov V.A., Silaev A.V. 2015. Postagrogenic Transformation of Soils of the Tunka Basin (South-Western Cisbaikalia). *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Earth Sciences*, 11: 128–140 (in Russian).
- Ecologically Oriented Land Use Planning in the Baikal Region*. 2004. Ed. by A.N. Antipov, E.G. Suvorov. Irkutsk, Publ. IG SB RAS, 141 p. (in Russian).
- Amrein D., Rusterholz H.P., Baur B. 2005. Disturbance of Suburban Fagus Forests by Recreational Activities: Effects on Soil Characteristics, Above-Ground Vegetation and Seed Bank. *Applied Vegetation Science*, 8 (2): 175–182. DOI: 10.1111/j.1654-109X.2005.tb00643.x
- Cole D.N. 2013. Changing conditions on wilderness campsites: Seven case studies of trends over 13 to 32 years. General Technical Report RMRS-GTR-300. Fort Collins, CO, United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 99 p.
- Kissling M., Hegetschweiler K.T., Rusterholz H.-P., Baur B. 2009. Short-Term and Long-Term Effects of Human Trampling on Above-Ground Vegetation, Soil Density, Soil Organic Matter and Soil Microbial Processes in Suburban Beech Forests. *Applied Soil Ecology*, 42(3): 303–314. DOI: 10.1016/j.apsoil.2009.05.008



Monti P.W., Mackintosh E.E. 1979. Effect of Camping on Surface Soil Properties in Boreal Forest Region of North-Western Ontario, Canada. *Soil Science Society of America Journal*, 43(5): 1024–1029. DOI: 10.2136/sssaj1979.03615995004300050042x

*Поступила в редакцию 16.02.2023;
поступила после рецензирования 10.03.2023;
принята к публикации 02.05.2023*

*Received February 16, 2023;
Revised March 10, 2023;
Accepted May 02, 2023*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Зверева Надежда Анатольевна, аспирант, ведущий инженер лаборатории геохимии ландшафта и географии почв, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

Белозерцева Ирина Александровна, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геохимии ландшафта и географии почв, Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nadezhda A. Zvereva, Postgraduate Student, Leading Engineer, Laboratory of Landscape Geochemistry and Soil Geography of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

Irina A. Belozertseva, Candidate of Geographical Sciences, Head of the Laboratory of Landscape Geochemistry and Soil Geography of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia