

УДК 631.411 (282.256.341)

DOI: 10.15372/GIPR20230308

И.А. БЕЛОЗЕРЦЕВА, И.Б. ВОРОБЬЕВА, Н.В. ВЛАСОВАИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,
664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1, Россия, belozia@mail.ru, irene@irigs.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ ПОБЕРЕЖЬЯ БАЙКАЛА
ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ОЗЕРА (ИРКУТСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

В результате почвенно-геохимических исследований определена степень гидрогенной трансформации почв на наиболее освоенных и периодически затопляемых территориях западного и южного побережий оз. Байкал в границах Иркутской области. Выбраны показатели и предложена шкала для балльной оценки этого явления. В качестве индикаторов гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова использованы следующие показатели: морфологические признаки гидроморфизма; мощность наноса на поверхности почвы; загрязнение почв; уменьшение содержания физической глины (опесчанивание); увеличение площади обнаженной почвообразующей и подстилающей породы; уменьшение запасов гумуса; площадь естественных кормовых угодий, выведенных из землепользования, и др. Дана оценка экологического ущерба, причиненного почвенному покрову прибрежной территории в результате колебаний уровня озера. Выявлено, что на территории большинства ключевых участков западного побережья Байкала наблюдается средняя степень трансформации почв. Высокая степень отмечается в районах устьев рек Голоустной и Анги, на побережье залива Шида и оз. Улан-Хан. На большей части исследованной территории южного побережья Байкала (устье рек Снежная, Утулик, Похабиха, Култук) установлена высокая степень трансформации почвенного покрова, отмечается и антропогенное воздействие. Во всех периодически затопляемых почвах побережья озера присутствуют геоморфологические признаки гидроморфизма, на некоторых участках наблюдаются опесчанивание, наносы из органических остатков мертвой растительности, уменьшение площади кормовых угодий. Повышенные концентрации нефтепродуктов и некоторых тяжелых металлов выявлены в почвах устьев рек южного побережья Байкала. Почвы большей части ключевых участков характеризуются низким значениями содержания элементов питания растений.

Ключевые слова: почвы, гидрогенная трансформация, экологический ущерб, сбросы воды, Иркутская ГЭС.

I.A. BELOZERTSEVA, I.B. VOROBYEVA, N.V. VLASOVAV.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, belozia@mail.ru, irene@irigs.irk.ru, vlasova@irigs.irk.ru**SOIL TRANSFORMATION ALONG THE COAST OF BAIKAL DUE
TO LAKE LEVEL FLUCTUATIONS (IRKUTSK OBLAST)**

As a result of soil-geochemical studies, we determined the degree of hydrogenic transformation of soils on the most developed and periodically flooded territories of the western and southern coast of Lake Baikal. Indicators were selected and a scale was proposed for a point assessment of hydrogenic transformation of soils and soil cover. The following indicators were used as indicators of hydrogenic transformation of soils and soil cover: morphological signs of hydromorphism; soil pollution; reduction of physical clay content; increased area of exposed soil-forming and underlying rock; reduction of humus reserves; the area of natural forage land and arable land removed from land use, and others. An assessment is made of the environmental damage caused to the soil cover of the coastal area as a result of the influence of fluctuations in the lake level. It was revealed that most of the key areas of the western coast of Lake Baikal are characterized by an average degree of soil transformation. A high degree of soil transformation is noted at the mouths of the Goloustnaya and Anga Rivers, on the coast of the Gulf of Shida and Lake Ulan-Khan. On most of the study territory of the southern coast of Baikal (the mouth of the Snezhnaya, Utulik, Pokhabikha and Kultuk Rivers), a high degree of transformation of soil cover was established, where anthropogenic impact is also observed. In all periodically flooded soils of the lake coast, geomorphological signs of hydromorphism are observed, and in some areas there occur processes of increasing the fraction of physical sand, sediment from organic remains of dead vegetation, a decrease and increase in humus reserves, a decrease in the area of forage land. Increased concentrations of petroleum products and some heavy metals were detected in the soils of the estuaries of the southern coast of Lake Baikal. The soils of most of the key areas are characterized by low levels of plant nutrients.

Keywords: soils, hydrogenation, environmental damage, water discharges, Irkutsk Hydroelectric Power Plant.

ВВЕДЕНИЕ

Около ста лет назад, в связи с проектированием Волховской ГЭС, в России впервые стала обсуждаться проблема воздействия водохранилищ на прибрежные ландшафты. В 1923–1927 гг. в поймах р. Волхов и оз. Ильмень под руководством Л.И. Прасолова были проведены исследования с целью прогнозирования изменений гидрологического режима почв и продуктивности фитоценозов в результате подпора, создаваемого гидроэлектростанцией [1]. Массовые геоботанические изыскания по данной теме начались в 1930–1940 гг. Наибольшее количество почвенных исследований пришлось на 1960–1970-е гг. После резкого падения темпов крупного гидротехнического строительства число публикаций по данной тематике заметно сократилось.

Накоплен обширный материал [2–13] о влиянии водохранилищ на почвы прилегающих территорий. Степень изученности воздействия гидроэлектростанций на почвенный покров неодинакова. Наибольшее количество публикаций посвящено водохранилищам Волжского каскада (прежде всего Ивановскому, Рыбинскому и Куйбышевскому), Москворецкой системы (Можайскому, Озернинскому и др.), Волховскому и некоторым другим.

Имеются единичные работы о трансформации почв, затопленных водами Усть-Илимского [11], Братского [14], Иркутского [10] водохранилищ и залива Провал оз. Байкал [10]; о влиянии затопленных почв на химический состав придонной воды водохранилищ Ангарского каскада [15]. В результате многолетних исследований различных авторов выявлено, что на водохранилищах с незначительными колебаниями уровня воды за вегетационный период признаки заболачивания почв проявляются уже на второй-третий год. Наибольшие скорости трансформации почвенного покрова наблюдаются в первые 10–15 лет после достижения отметки нормального подпорного уровня (НПУ), т. е. подтопление можно рассматривать как непрерывный более или менее равномерно нарастающий процесс с последующим замедлением темпов развития. Установлено, что подтопление формируется под действием комплекса факторов, но активно проявляется лишь на тех участках побережья, где этому способствуют рельеф и механический состав почвогрунтов зоны аэрации. Выявлено, что в большинстве случаев при подтоплении почв водоемов наблюдается уменьшение мощности гумусовых горизонтов, ухудшение показателей их плодородия, миграция некоторых веществ из почв в придонные воды и наоборот. Почвы полностью утрачивают видимые морфологические диагностические признаки, необратимо изменяются их физико-химические свойства, состав органического вещества, щелочно-кислотные условия. В закрытых водоемах иногда наблюдается увеличение мощности гумусовых горизонтов и уровня плодородия периодически затопляемых почв.

В результате строительства Иркутской ГЭС изменился средний уровень и внутригодовая амплитуда колебаний уровня оз. Байкал. Наполнение Иркутского водохранилища началось в декабре 1956 г. и закончилось (до отметки 457 м в тихоокеанской системе высот — ТО) в конце 1960 г. По данным сотрудников Института систем энергетики СО РАН, Института динамики систем и теории управления СО РАН, Иркутского научного центра СО РАН [16], за время эксплуатации Иркутской ГЭС средний многолетний уровень озера поднялся на 80 см, средняя внутригодовая амплитуда на 2 см (с 0,85 до 0,87) при максимальном межгодовом диапазоне колебания уровня 2,15 м (до строительства ГЭС — 2 м). В 1983–1995 гг. (многоводный период) превышение отметки НПУ происходило 10 раз. Всего за время эксплуатации Иркутской ГЭС отметка 457 м была превышена 17 раз. Минимальный уровень в озере наблюдался в 1982 г. (455,27 м), максимальный — в 1988 г. (457,42 м). С 2001 г., в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 234 [17], минимальные и максимальные значения уровня воды в оз. Байкал были ограничены метровым диапазоном — 456 и 457 м ТО соответственно.

По данным авторов [18], с 1996 г. в бассейне озера установился рекордный по продолжительности мягкий маловодный период. Уровень оз. Байкал не удавалось удерживать на установленной законодательством минимально допустимой отметке 456 м, и в 2015–2017 гг. (экстремальное маловодье) он опускался до 455,7 м. Поддержание метрового диапазона стало невозможным без значительного социально-экономического и других видов ущерба. В 2015 г. определили временные предельно допустимые отметки уровня оз. Байкал — 457,85 и 455,54 м [16]. 2021 г. был экстремально многоводным, уровень озера в конце сентября достиг отметки 457,23 м.

Цель исследования — определить степень трансформации почв и почвенного покрова наиболее освоенной территории побережья оз. Байкал (в границах Иркутской области) в результате влияния колебаний уровня озера, дать оценку экологического ущерба.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — почвы и почвенный покров западного и южного побережья Байкала. В качестве ключевых участков выбраны наиболее равнинные и освоенные человеком территории — побережья рек (в районе устья), озер, заливов, где, кроме гидрогенного, имеет место антропогенное влияние (рис. 1). В последние десятилетия сотрудниками Института географии (ИГ) СО РАН, Института общей и экспериментальной биологии (ИОЭБ) СО РАН и ИГУ проведены почвенно-географические и почвенно-геохимические исследования на западном, южном, северном и восточном побережьях оз. Байкал [19–28]. Отмечено, что значительная часть территории Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ) находится на хребтах. Небольшая ее часть, наиболее освоенная, приходится на узкую низменную полосу побережья оз. Байкал и устья рек. На этих территориях, испытывающих существенную антропогенную нагрузку, могут наблюдаться наибольшие последствия изменений уровня воды оз. Байкал. Значительная часть ЦЭЗ БПТ занята почвами под лесами среднегорья. На западном побережье Байкала вне зоны периодического затопления распространены дерново-подзолистые почвы, встречаются серые и др. В зоне периодического затопления побережья почвенный покров представлен в основном комплексом почв аллювиального отдела (аллювиальные гумусовые, аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные торфяно-глеевые и др.). Встречаются почвы слабо развитого отдела (слоисто-аллювиальные и др.).

В 2022 г. проведены почвенно-географические полевые исследования на побережье оз. Байкал (в границах Иркутской области) с отбором проб почв, почвенно-геохимические лабораторные работы. Всего отобрано более 200 образцов почв на 73 ключевых участках в летний период. Пробы почв отбирались системно на ключевых площадках и маршрутах (катенах) согласно требованиям ГОСТов. Химические анализы проведены в химико-аналитическом центре ИГ СО РАН по общепринятым методикам [29] на современном аналитическом оборудовании. Концентрация металлов установлена количественным атомно-эмиссионным спектральным методом на приборе Optima 2000DV. Реакция почвенной среды ($pH_{\text{водн}}$) определена потенциометрическим методом, содержание органического углерода ($C_{\text{орг}}$) — методом мокрого сжигания по Тюрину, гранулометрический состав почв — методом пипетки с диспергацией пирофосфатом натрия по Качинскому. Содержание основных элементов питания растений установлено с помощью агрохимических методов исследования почв [30]. Диагностика почв проведена согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004 г.) [31].

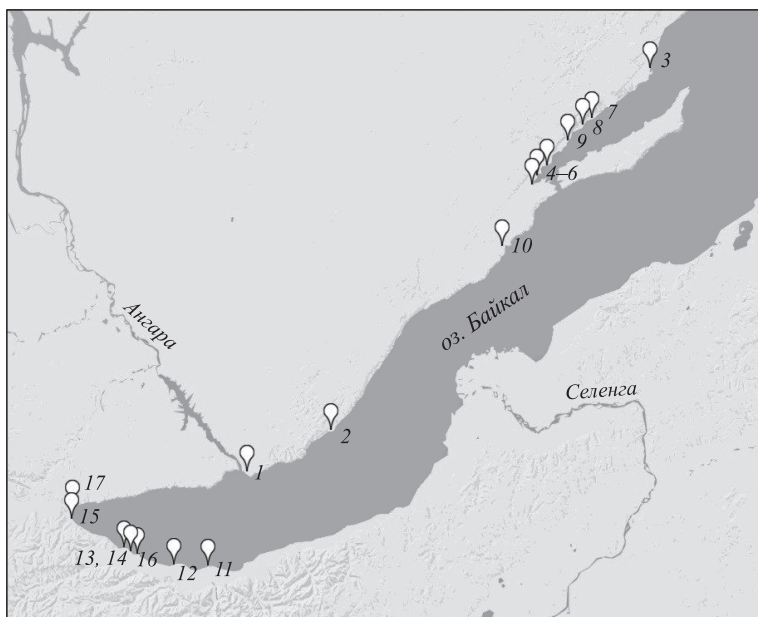


Рис. 1. Местоположение районов исследования.

1–17 — районы исследования (см. табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что водный фактор является ведущим в трансформации основных компонентов прибрежных ландшафтов. В результате его воздействия на прилегающие территории исходные автоморфные почвы, как и в целом ландшафты, приобретают свойства полу- и гидроморфных. Многими исследователями [2–13, 32–34] показано, что вследствие изменения водного режима водохранилища на прилегающей территории происходит пополнение и подпор грунтовых вод; на открытых и крутосклонных участках побережья активизируются абразионные процессы; под влиянием длительного затопления и волновой деятельности на периодически обнажающемся дне полностью разрушаются исходные природные комплексы. На участках побережья, подверженных кратковременному заливанню, одновременно происходит смыв верхних горизонтов почв и накопление на поверхности отложений, принесенных водой в паводок; формируются гидроморфные почвы. На незаливаемых участках, где грунтовые воды залегают к поверхности ближе чем на 3 м, формируются полугидроморфные природные комплексы. Существовавшие в исходном ландшафте почвы в процессе адаптации к новым условиям водного режима изменяются в разной степени в зависимости от гидролого-геоморфологических условий [9].

Государственной методики оценки экологического ущерба от влияния колебаний уровня водоемов на почвы побережья нет. Имеются общие подходы — методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель [35]; методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды [36]. Наиболее разработан научный подход «ключ» — «опыт» для оценки трансформации почв побережий [9, 37]. Нами использован ландшафтно-экологический подход [8, 9], в основу которого положено рассмотрение побережья как экотонной системы вода—суша в понимании В.С. Залетаева [38]. Применены общепринятые методы полевых почвенно-эколого-географических исследований, в том числе топокэкологическое инструментальное профилирование с заложением катен и точек ключевых исследований, с морфологическим описанием почв, выявлением индикаторов современного гидроморфизма, с отбором образцов почв для лабораторных исследований.

Таблица 1

**Шкала для балльной оценки гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова
и экологической оценки ущерба [8, 9, 35–37]**

Индикаторный показатель	Степень деградации, баллы					Методика
	0	I	II	III	IV	
Мощность абиотического наноса, см	<2	2–10	11–20	21–40	>40	[35]
Нанос неплодородного слоя, см	<2	2–10	11–20	21–40	>40	[35]
Захламление почв при складировании отходов производства, см	<2	2–10	11–20	21–40	>40	[36]
Перекрытие поверхности почв искусственными покрытиями и объектами	<2	2–10	11–20	21–40	>40	[36]
Уменьшение содержания физической глины на величину, % от исходного (опесчанивание)	<5	5–15	16–25	26–32	>32	[35]
Загрязнение почв, превышение ПДК и фон, раз	<1	1–2	2–5	5–10	>10	[36]
Площадь обнаженной почвообразующей породы подстилающей породы, % от общей площади	0–2	3–5	6–10	11–25	>25	[35]
Поднятие пресных почвенно-грунтовых вод до глубины, м (для гумидной зоны)	>1,0	0,81–1,0	0,61–0,80	0,31–0,60	<0,3	[8, 9, 35, 37]
Площадь естественных кормовых угодий, выводимых из землепользования, % от общей площади	<10	10–30	31–50	51–70	>70	[35]
Площадь пахотных угодий, выведенных из землепользования, % от общей площади	<10	10–30	31–50	51–70	>70	[35]
Уменьшение запасов гумуса в профиле почвы, % от исходного	<10	10–20	21–40	41–80	>80	[35]
Морфологические признаки гидроморфизма в почвенном профиле (наличие железистых и марганцевых новообразований в виде оксидных пленок железа и сизоватых тонов)	Нет	Железомарганцевые конкреции	Наличие оглеенного срединного или нижнего горизонта	Наличие оглеенного верхнего горизонта	Наличие глеевого горизонта	[8, 9, 37]

В нашем случае, согласно научным и государственным методикам, в качестве индикаторов гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова побережья Байкала (в пределах Иркутской области) используются следующие показатели (морфологические и физико-химические свойства, не характерные для зональных типов и др.): наличие железистых и марганцевых новообразований в виде оксидных пленок железа и сизоватых тонов (оглеенного и глеевого горизонта); мощность биотического и абиотического наноса на поверхности почвы; загрязнение почв; уменьшение содержания физической глины (опесчанивание); увеличение площади обнаженной почвообразующей и подстилающей породы; уменьшение запасов гумуса в профиле почв; площадь естественных кормовых угодий и пашен, выведенных из землепользования; уровень залегания грунтовых вод к поверхности и др. (табл. 1).

По каждому диагностическому показателю деградация почв и земель характеризуется четырьмя уровнями: 0 — недеградированные (ненарушенные); I — слабо деградированные; II — средне деградированные; III — сильно деградированные. Используется метод оценивания на основании условных баллов [9]. Установленный показатель предложено считать степенью его гидрогенной трансформации, а сумма баллов по каждому индикатору дает представление о степени гидрогенной трансформации почв и земель как совокупный показатель продвинутости процесса в настоящее время.

Исходя из полученных результатов составлена шкала оценки (в баллах) степени трансформации почв и почвенного покрова побережья: <7 — низкая степень трансформации и малый экологический ущерб (I); 7–10 — средняя степень трансформации и средний экологический ущерб (II); >11 — высокая степень трансформации и большой экологический ущерб (III). По предложенной схеме проведена балльная оценка трансформации почв и почвенного покрова и причиненного им экологического ущерба от колебаний уровня воды озера и сбросов воды на Иркутской ГЭС (табл. 2).

Таблица 2

Степень гидрогенной трансформации почв и почвенного покрова ключевых участков побережья оз. Байкал

Номер района (см. рис. 1)	Номера ключевых разрезов, местоположение	Индикаторы современного гидроморфизма, трансформации почв и земель согласно показателям в табл. 1, баллы								Сумма баллов	Степень трансформации и уровень экологического ущерба
		морфологические признаки гидроморфизма	опесчанивание	мощность наноса на поверхности почвы	увеличение площади обнаженной породы	площадь кормовых угодий, выведенных из использования	загрязнение почв	уровень залегания грунтовых вод к поверхности	уменьшение запасов гумуса в профиле почвы, %		
Западное побережье Байкала											
1	16–18, устье р. Крестовки (пос. Листвянка)	4	0	1	0	0	0	4	0	9	II
2	89–90, устье р. Голоустной	4	2	0	0	4	0	1	0	11	III
3	37–39, оз. Зама	4	2	0	0	1	0	1	0	8	II
4	44–47, залив Мухор	4	0	0	0	3	0	3	0	7	II
5	48–50, залив Шида	4	0	1	0	3	0	4	4	16	III
6	51–53, устье р. Сармы	4	0	0	0	2	0	3	0	7	II
7	54–56, оз. Сурхайтор-Нур	4	0	0	0	0	0	4	0	8	II
8	57–59, оз. Улан-Хан	4	0	2	0	0	0	3	0	10	II
9	60–62, залив Курма	4	0	0	0	0	0	4	0	8	II
10	63–64, устье р. Анги	4	4	0	0	4	0	4	0	16	III
Южное побережье Байкала											
11	66–68, устье р. Снежной (пос. Новоснежная)	4	0	0	2	0	3	4	0	13	III
12	71–73, устье р. Хара-Мурино	2	0	0	0	1	3	1	2	9	II
13	75–76, устье р. Бабхи	3	0	0	0	0	0	1	0	4	I
14	77–79, устье р. Утулик	4	4	0	1	4	0	4	0	17	III
15	81–83, устье р. Похабиhi (пос. Слюдянка)	4	4	0	1	0	0	4	0	13	III
16	84–85, устье р. Харлахты (Байкальск)	1	4	0	2	0	0	2	0	9	II
17	86–88, пос. Култук	4	4	0	0	2	0	4	0	14	III

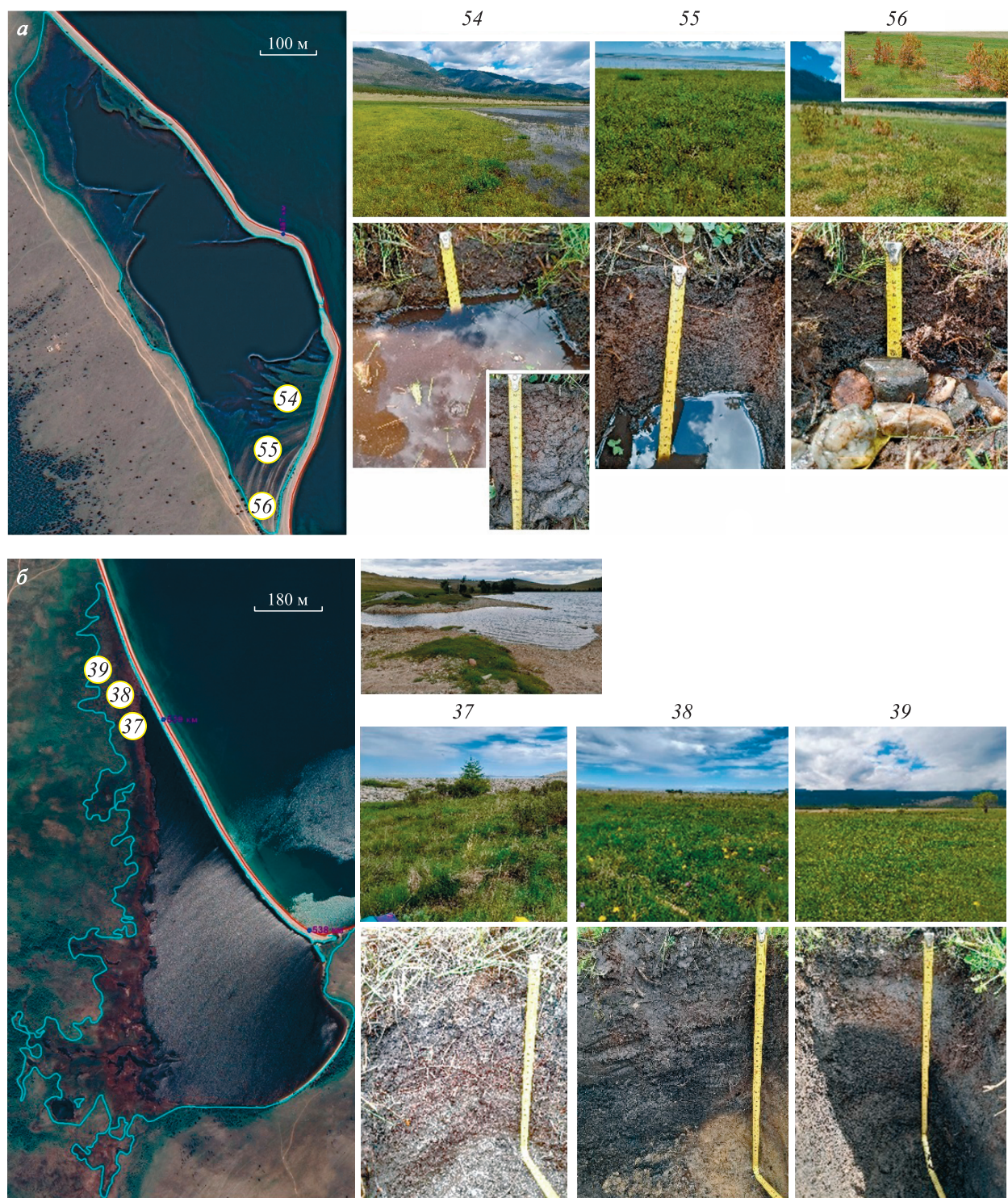


Рис. 2. Растительность и морфологическое строение почв побережий озер Сурхайтор-Нур и Зама.

a — прибрежная часть оз. Сурхайтор-Нур. Разрезы: 54 — аллювиальная торфяно-глеевая под злаково-осоковым заболоченным лугом, 55 — аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная под осоковым заболоченным лугом, 56 — аллювиальная торфяно-глеевая под разнотравно-злаковым лугом с кустарником и угнетенным подростом сосны. *б* — побережье оз. Зама. Разрезы: 37 — аллювиальная торфяно-глеевая под осоко-кустарниковым заболоченным лугом, 38 — аллювиальная перегнойно-глеевая под разнотравно-злаково-осоковым лугом, 39 — слоисто-аллювиальная на аллювиальной гумусовой глееватой под стравленным разнотравно-злаковым лугом. Здесь и на рис. 3–5 голубой линией отмечена зона затопления.

В результате проведенных исследований установлено, что на большей части освоенной территории западного побережья Байкала наблюдается средний экологический ущерб (II, средняя, стадия трансформации, 7–10 баллов), причиненный почвам от изменения уровня воды в устьях рек Крестовки и Сармы, в заливах Курма и Мухор, озерах Зама и Сухайтор-Нур. Большой экологический ущерб (III, высокая, стадия трансформации, 11–16 баллов) отмечается в устьях рек Голоустной и Анги, на побережье залива Шида и оз. Улан-Хан. В почвенном профиле ключевых участков наблюдаются геоморфологические признаки высокой степени гидроморфизма, близкое залегание грунтовых вод, наличие глеевого или оглеенного горизонта. В зоне периодического затопления на побережье оз. Сухайтор-Нур встречаются засохшие всходы и подрост сосны, которые сформировались в предшествующее маловодье (рис. 2, а, разрез 56).

Установлено опесчанивание (облегчение гранулометрического состава) почв в районах устьев рек Голоустной и Анги (более чем на 30 %), побережья оз. Зама (на 16–25 %) (см. рис. 2, б). Выявлено уменьшение запасов гумуса в почвенном профиле на побережье залива Шида (на 87 %) (табл. 3). Следует отметить, что показатель содержания гумуса в почвах исследуемой территории проявил себя неоднозначно. Отрицательной трансформации данного показателя на большей части выровненных участков побережья не выявлено, так как почва защищена растительным покровом и дерниной. В большинстве ключевых районов по мере приближения к урезу воды заливов Байкала содержание гумуса в аллювиальных почвах возрастает. В некоторых случаях на высокий уровень содержания гумуса в прибрежных аллювиальных почвах влияют разложившиеся органические остатки водной и наземной растительности. Значительные потери запасов гумуса при колебании уровня воды на исследуемой территории могли бы наблюдаться в почвах пашен без растительности, но они в зоне затопления отсутствуют. В районе устья р. Крестовки, залива Шида и оз. Улан-Хан наблюдается мощность наноса из органических остатков мертвой водной и наземной растительности до 10–20 см (рис. 3).

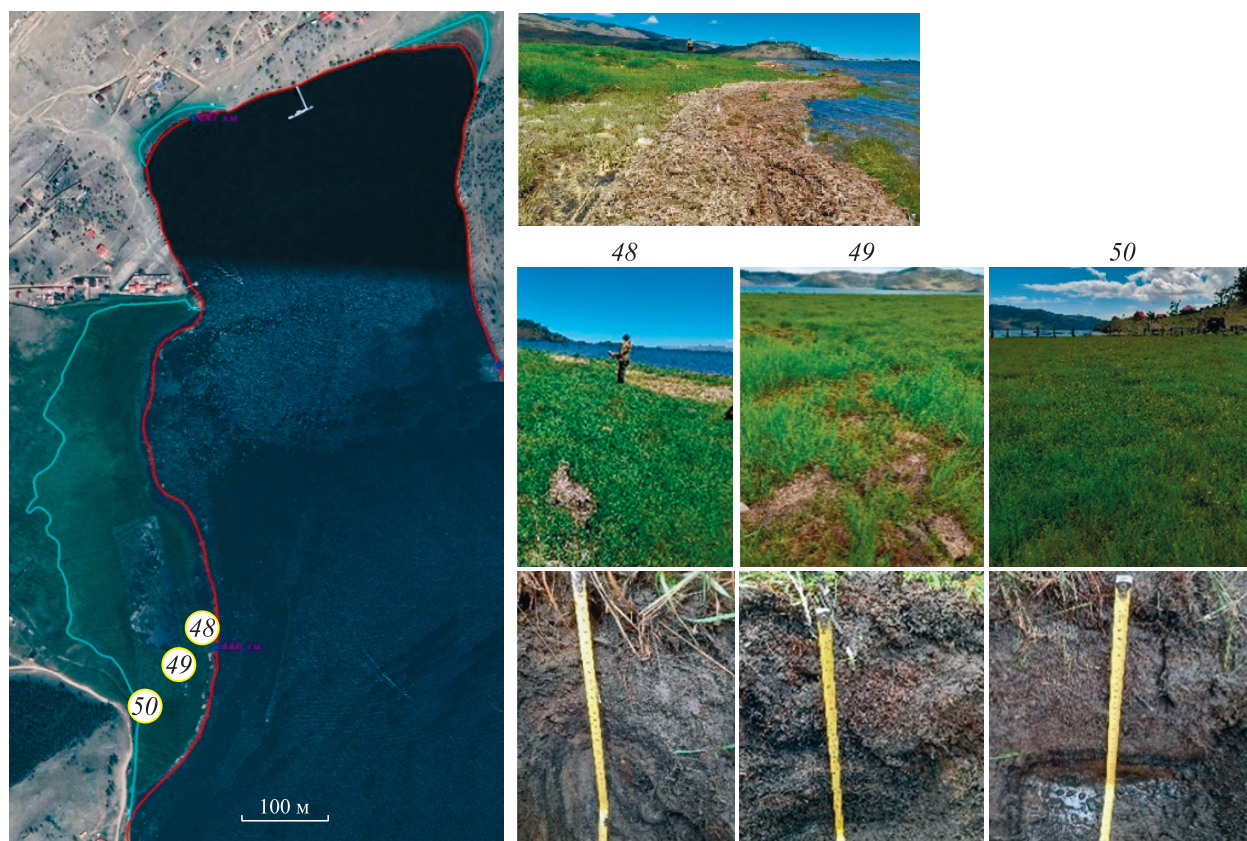


Рис. 3. Растительность и морфологическое строение почв побережья залива Шида.

Разрезы: 48 — слоисто-аллювиальная гумусовая глеевая турбированная под заболоченным осоковым лугом, 49 — слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая турбированная под злаково-осоковым заболоченным лугом, 50 — слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая под стравленным разнотравно-злаково-осоковым лугом.

Почти на всех исследованных участках западного побережья Байкала при затоплении наблюдается уменьшение площади кормовых угодий. Их наибольшие потери зафиксированы в устьях р. Голоустной (>10 тыс. м^2) и Анги (>100 тыс. м^2) (рис. 4).

На юго-восточном побережье Байкала в районах устьев рек Снежная, Утулик, Похабиха, Култук установлен большой экологический ущерб (III, высокая, стадия трансформации, 13–17 баллов). Опесчанивание почв наблюдается в устьях рек Утулик, Похабиха, Харлакта, Култук (более чем на 30 %). Установлено уменьшение запасов гумуса в почвенном профиле устья р. Хара-Мурино (на 39 %). Площади естественных кормовых угодий и сенокосов в периоды затопления уменьшаются в районах устьев рек Утулик, Харлакта и Култук с наибольшей потерей в первом случае более чем на 40 тыс. м^2 (рис. 5, а).

Загрязнение почв побережья оценено по концентрации в них нефтепродуктов в сравнении с фоновыми участками, не затронутыми хозяйственной деятельностью человека. Согласно ранее проведенному исследованию [39], в среднем фоновое содержание нефтепродуктов в почвах составляет 21,7 мг/кг. Их повышенные концентрации обнаружены локально в аллювиальных почвах у самого уреза воды в устьях рек Снежной (коэффициент концентрации по отношению к фону — 6,7) и Хара-Мурино (7,6) (см. табл. 1, рис. 5, б). Это может быть следствием колебания уровня воды, загрязненной моторным маслом.

Загрязнение почв нефтепродуктами точечное, имеющее небольшую площадь, по мере удаления от побережья оно уменьшается. Обнаружено, что содержание Pb, Zn и Mn в аллювиальных почвах южного побережья Байкала превышает ПДК и ОДК (табл. 4). Загрязнение тяжелыми металлами может быть связано не только с колебаниями уровня водохранилища. Скорее всего, оно происходит наземным путем: источником могут быть печи в частных домах, местные ТЭЦ и котельные. Высокие концентрации токсичных элементов и веществ установлены в верхних горизонтах почв — до 20 см.

По содержанию основных элементов питания растений (NO_3 , NH_4 , P_2O_5 , K_2O) почвы характеризуются в основном малыми и средними значениями, которые варьируют в пределах природных флуктуаций. В почвах большинства ключевых участков наблюдается дефицит их содержания [40], за

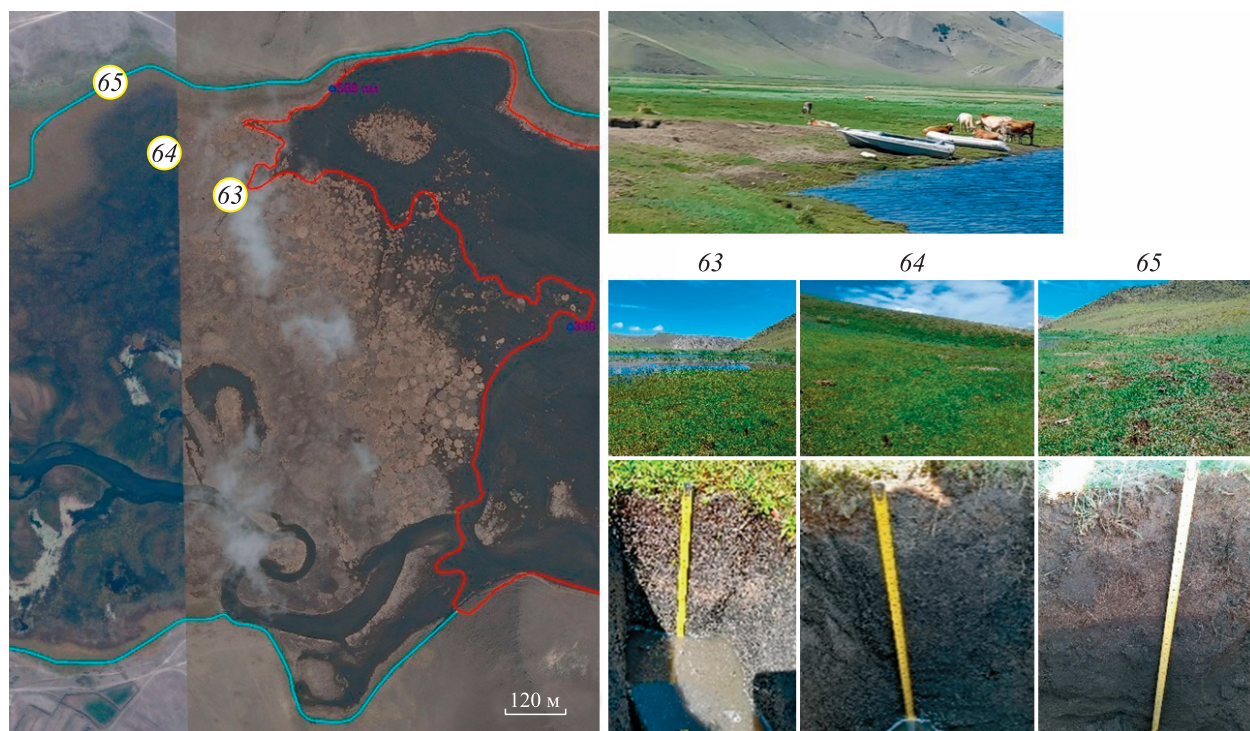


Рис. 4. Растительность и морфологическое строение почв устья р. Анги.

Разрезы: 63 — аллювиальная торфяно-глеевая под разнотравно-злаковым заболоченным лугом, 64 — аллювиальная гумусовая глееватая под разнотравно-злаковым стравленным лугом, 65 — темногумусовая почва под остепненным лугом.

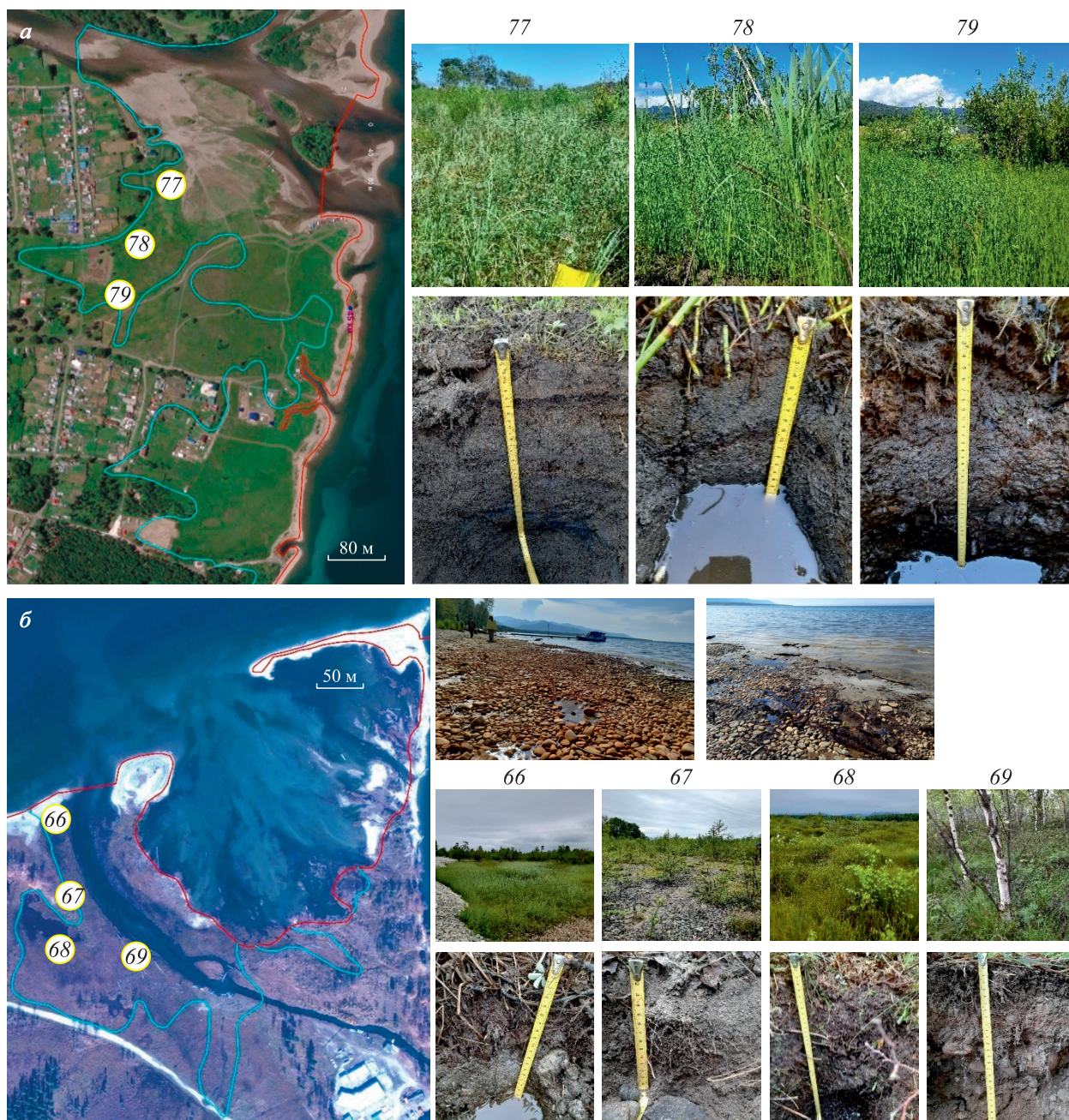


Рис. 5. Растительность и морфологическое строение почв южного побережья оз. Байкал.

a — устье р. Утулик. Разрезы: 77 — слоисто-аллювиальная глееватая под злаково-хвощевым с рогозом заболоченным лугом, 78 — слоисто-аллювиальная глееватая под осоково-хвощевым лугом, 79 — аллювиальная торфяно-глеевая минерально-глеевая под разнотравно-злаково-осоковым лугом с кустарником. *б* — устье р. Снежной. Разрезы: 66 — аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная почва под заболоченным осоковым лугом, 67 — аллювиальная гумусовая почва под фрагментарным кустарниково-разнотравно-злаковым лугом, 68 — аллювиальная торфяно-глеевая почва под осоковым заболоченным лугом с карликовой березой, 69 — слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая под кустарниково-разнотравно-злаковым разреженным березняком.

Таблица 3

Физико-химические показатели почв ключевых участков побережья оз. Байкал (в пределах Иркутской области)

Местоположение	Номер разреза, почва	Горизонт	Глубина, см	pH	Гумус, ППП*, %	Фракция физ. глины <0,01, %	Нитраты (NO ₃), мгН ⁻¹	NH ₄ , мгН ⁻¹	Фосфор (P ₂ O ₅), мгН ⁻¹	Калий (K ₂ O), мгН ⁻¹	Нефте-продук-ты, мг/кг
Залив Шида	48, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая турбированная	WC~~	0–20	5,8	1,30	19,1	4,34	1,45	87	242	3,4
		Cg	20–29	6,1	0,55	18,6	5,21	1,19	9	230	4,1
	49, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая турбированная	WC~~	0–25	6,0	0,61	9,6	7,28	3,70	2	92	2,6
Устье р. Сармы	50, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WC~~	0–24	6,0	10,22	15,3	4,10	2,81	3	79	4,0
		Cg~~	24–35	5,4	0,34	12,8	5,20	1,59	3	70	4,3
	51, аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	Tmг	0–18	5,5	55,80*	–	4,24	1,56	2	87	23,2
Устье р. Анги		CG	18–29	5,1	0,62	37,6	5,03	1,05	8	80	20,1
	52, аллювиальная торфяно-глеевая	T	0–27	5,3	76,11*	–	4,70	0,94	8	84	5,2
		CG	27–35	5,7	0,47	50,5	5,01	1,02	7	84	5,7
	53, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WCg~~	0–16	5,2	12,41	35,4	4,25	13,70	3	92	3,5
		C	16–27	6,0	0,34	29,4	4,26	1,09	8	98	3,0
Устье р. Снежной	63, аллювиальная торфяно-глеевая	T	0–24	5,2	74,23*	–	3,58	2,32	33	184	2,3
	64, аллювиальная гумусовая глееватая	AY	0–22	7,2	6,13	10,8	5,23	1,04	48	225	3,0
		Cg	22–31	8,8	0,77	39,6	5,61	1,20	53	326	1,7
	65, темногумусовая	AU	0–28	8,6	15,37	17,4	25,07	26,59	347	203	2,4
		C	28–37	7,1	0,59	15,2	25,23	11,20	328	225	3,0
Устье р. Хара-Мурино	66, аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	Tmг	0–12	5,6	44,82*	19,2	5,21	1,20	8	122	146,1
		CG	12–20	4,9	0,23	8,0	0,34	3,55	62	116	6,40
	67, аллювиальная гумусовая	AY	0–19	5,6	10,34	36,5	0,19	1,52	7	106	165,91
		C	19–27	5,6	0,61	37,2	0,23	1,20	8	105	10,3
	68, аллювиальная торфяно-глеевая	T	0–26	4,2	73,86*	–	5,23	1,20	8	125	16,0
		HCG	26–38	4,6	15,64	22,0	5,18	1,00	8	115	17,1
Устье р. Хара-Мурино	70, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WC~~	0–19	5,1	10,49	19,4	5,23	1,10	8	124	60,9
		C	19–28	5,3	0,76	20,2	0,27	1,08	7	104	20,3
	71, слоисто-аллювиальная гумусовая пирогенная	WC~~	0–17	5,7	10,80	18,3	1,72	52,17	13	364	165,3
	72, аллювиальная гумусовая пирогенная	AY	0–14	5,4	4,33	22,1	0,45	11,52	77	89	119,5
		C	14–27	6,2	0,77	17,9	0,34	2,15	45	80	19,7

	73, дерново-подзолистая	AY	0–14	4,7	17,52	28,5	5,23	19,11	4	84	20,1
		EL	14–19	5,0	0,87	15,0	0,63	1,10	8	115	12,7
Устье р. Утулик	77, слоисто-аллювиальная глееватая	OC~	0–18	7,4	0,92	4,0	5,33	3,22	9	159	10,2
		Cg	18–27	6,7	0,61	9,8	5,20	1,20	8	145	11,3
	78, слоисто-аллювиальная глееватая	OC~	0–32	6,8	0,94	10,2	5,23	1,20	9	146	3,8
		Cg	32–37	6,1	0,42	7,5	4,23	0,98	9	126	4,6
	79, аллювиальная торфяно-глеевая минерально-глеевая	OCg~	0–15	6,7	1,23	6,6	5,02	0,73	23	149	5,8
		Tmr	15–34	4,7	39,30*	–	4,23	0,64	19	145	4,6
Устье р. Похабики (пос. Слюянка)	81, слоисто-аллювиальная на тор- фяно-глеевой торфяно-минеральной	OC~	0–14	6,3	0,93	15,1	4,28	0,20	9	115	9,1
		Tmr	14–31	6,9	10,64	33,6	2,23	0,18	19	125	10,3
	82, аллювиальная торфяно- глееватая	Tmr	0–29	8,6	52,33*	–	4,23	0,20	9	128	8,4
		CG	29–35	8,6	0,64	4,0	4,27	0,15	18	142	8,3
	83, аллювиальная гумусовая глееватая	AY	0–6	6,1	10,3	10,4	0,74	3,70	11	179	6,3
		Cg	6–23	8,0	0,54	4,0	3,23	1,20	11	165	7,1
Устье р. Харлакты (г. Байкальск)	84, серая	AY	0–14	6,5	9,24	22,4	0,30	13,22	22	329	6,8
	85, урбо-аллювиальная гумусовая	UY	0–18	6,2	9,60	9,8	0,89	16,85	107	418	8,3
	86, аллювиальная торфяно-глеевая	T	0–15	6,3	72,81*	–	0,19	3,56	71	391	6,8
		HCG	15–22	7,8	0,63	13,0	0,23	0,20	69	225	9,0
	87, аллювиальная перегнойно- глеевая иловато-перегнойная	Hmr	0–12	8,0	25,11	32,4	2,00	11,71	18	336	6,9
		HmrG~	12–20	8,2	4,42	11,0	0,93	2,53	190	408	6,0
Устье р. Голоустной	88, урбо-слоисто-аллювиальная гумусовая	UC~	0–12	6,2	21,03	39,5	1,23	2,20	189	325	9,1
		YC~	12–19	6,4	1,21	15,8	1,03	3,20	169	225	8,4
	89, аллювиальная перегнойно- глеевая иловато-перегнойная	Hmr~	0–37	6,1	25,85	20,0	7,89	8,97	27	120	8,2
		HCG~	37–44	6,7	1,70	27,2	4,23	1,20	19	125	7,0
	90, аллювиальная темногумусовая глееватая	AU	0–44	6,2	7,62	19,4	13,93	14,18	66	388	7,5
		Cg	44–46	7,3	0,57	20,1	1,21	2,23	89	320	9,0
91, темногумусовая		C	46–52	8,3	0,53	18,3	1,23	2,25	85	325	8,5
		AU	0–46	6,4	14,61	25,3	28,48	29,79	589	350	5,0
		C	46–58	8,6	0,63	44,4	1,20	2,15	489	425	5,0

* Потери при прокаливании.
Примечание. Прочерк – не определялось.

Таблица 4

**Содержание микроэлементов в почвах ключевых участков побережья оз. Байкал
(в пределах Иркутской области), мг/кг**

Местоположение	Номер разреза, почва	Горизонт	Mn	Ba	Ti	Mo	Pb	Ni	Cu	Be	V	Cr	Zn	Sr	Co	Cd
Залив Шида	48, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая турбируванная	WC~~	99	189	2496	0,26	5	17	7	0,41	20	35	27	65	8	0,16
		Cg	118	233	3287	1,07	8	25	9	0,54	27	49	33	75	9	0,14
	49, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая турбируванная	WC~~	40	100	1131	5,31	3	9	4	0,23	10	18	12	34	4	0,09
	50, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WC~~	279	276	1650	3,05	5	12	8	0,31	14	24	28	89	6	0,13
Устье р. Сармы		Cg~~	260	263	1587	2,77	5	15	9	0,30	14	27	27	88	7	0,14
	51, аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	Tmr	404	169	517	5,86	8	20	14	0,59	12	18	41	42	9	0,21
		CG	338	402	1071	1,11	13	38	20	1,06	27	43	76	52	13	0,31
	52, аллювиальная торфяно-глеевая	T	155	263	1292	2,37	10	28	17	0,61	19	32	66	56	12	0,27
		CG	150	262	1387	2,77	13	25	19	0,60	14	37	67	58	14	0,17
	53, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WCg~~	507	358	617	0,57	9	26	13	0,64	15	25	53	61	14	0,26
Устье р. Снежной		C	550	333	687	0,77	13	25	19	0,90	14	27	57	58	15	0,20
	66, аллювиальная торфяно-глеевая торфяно-минеральная	Tmr	195	324	3103	3,32	8	38	17	0,68	48	50	51	148	13	0,16
		CG	319	456	5553	9,36	8	16	14	0,54	41	26	63	129	12	0,42
	67, аллювиальная гумусовая	AY	151	159	4693	4,33	124	10	10	0,46	29	23	50	54	10	0,20
	68, аллювиальная торфяно-глеевая	T	170	123	2780	1,12	8	2	4	0,12	1	3	7	53	1	0,18
Устье р. Хара-Мурино	70, слоисто-аллювиальная гумусовая глееватая	WC~~	150	433	2381	1,77	13	25	19	0,90	50	57	51	89	17	0,17
	71, слоисто-аллювиальная гумусовая пирогенная	WC~~	426	445	6773	2,94	37	31	20	0,72	57	67	103	68	13	0,31
		C	682	439	7991	3,46	8	34	17	0,81	64	76	92	48	19	0,23
	72, аллювиальная гумусовая пирогенная	AY	594	561	8582	3,09	10	40	24	0,87	70	83	95	61	19	0,35
	73, дерново-подзолистая	AY	306	301	5554	2,18	12	20	20	0,64	50	47	57	53	10	0,24
		EL	260	129	4810	1,52	4	7	8	0,22	4	8	8	35	4	0,18

Устье р. Утулик	77, слоисто-аллювиальная глееватая	OC [~]	410	563	6387	0,97	7	45	19	0,70	54	57	70	80	17	0,17
		OCg [~]	444	565	6638	5,17	6	57	18	0,70	62	86	77	87	22	0,30
	78, слоисто-аллювиальная глееватая	OCg [~]	448	409	6372	3,25	5	53	17	0,68	55	74	67	94	17	0,25
		Cg	183	156	715	15,74	11	16	43	0,62	29	30	79	118	3	0,41
Устье р. Похабики (пос. Слодянка)	79, аллювиальная торфяно- но-глеевая минерально- глеевая	Tmr	160	337	1885	9,56	7	24	26	0,39	18	20	38	160	8	0,17
		CG	158	314	1434	7,12	8	11	14	0,39	19	21	37	152	9	0,19
	81, слоисто-аллювиальная на торфяно-глеевой торфяно-минеральной	OC [~]	2292	468	1362	8,32	9	11	17	0,32	11	11	36	251	8	0,23
	82, аллювиальная торфяно- но-глееватая	Tmr	143	452	4605	8,69	4	28	17	0,53	27	27	36	339	11	0,16
Устье р. Харлакты (г. Байкальск)		Tmr	227	452	3935	12,36	12	36	37	0,53	35	35	86	223	11	0,31
	83, аллювиальная гумусо- вая глееватая	CG	292	467	1375	9,91	9	7	14	0,31	6	12	30	226	9	0,18
		AU	318	358	4696	1,38	10	41	21	0,65	56	85	60	82	15	0,25
		Cg	288	314	4434	1,12	11	38	24	0,49	49	72	57	82	11	0,20
пос. Култук	84, серая	AU	199	382	4791	2,29	12	33	18	0,56	43	65	48	56	11	0,17
	85, урбо-аллювиальная гумусовая	UY	568	357	2895	6,69	8	26	28	0,35	22	27	50	172	10	0,14
	86, аллювиальная торфяно- но-глеевая	T	493	471	6270	2,99	5	38	32	0,66	38	41	62	68	18	0,16
		HCG	488	414	6434	2,12	8	31	24	0,49	29	32	57	62	11	0,15
Класс опасности	87, аллювиальная пере- гнойно-глеевая иловато- перегнойная	Hmr	455	463	6292	2,37	10	28	17	0,41	19	32	56	56	12	0,17
		HmrG	450	362	4387	2,77	11	25	18	0,50	14	37	60	58	14	0,17
	88, урбо-слоисто-аллюви- альная гумусовая	UC [~]	507	359	6170	0,57	9	26	13	0,64	15	25	53	61	14	0,26
		YC [~]	551	343	6870	0,77	13	25	19	0,90	14	27	57	58	15	0,20
Региональный фон в аллювиальных почвах [41]			3	—	—	—	1	2	2	—	3	2	1	—	2	1
ПДК, ОДК [42–44]			1046	—	—	—	10	44	51	—	100	100	—	265	17	—
			1500	—	—	—	32–130	20–80	33–132	—	150	100	55–220	—	17	0,5–2,0

Примечание. Прочерк — класса опасности у химического элемента не имеется, фон и санитарно-гигиенические нормативы не установлены.

исключением районов устьев Анги, Голоустной и Харлакты, залива Мухор, пос. Култук. В некоторых случаях (на пастбищах в устьях Анги и Голоустной) по мере приближения к урезу воды отмечается уменьшение концентрации подвижного калия, фосфора, нитратного и аммиачного азота в почвах, что связано с опесчаниванием (выносом фракции физической глины) и вымыванием органических веществ. В почвах западного побережья Байкала повышенные концентрации фосфора и калия имеют в основном природное происхождение, а в почвах южного побережья часто антропогенное. Например, в почвенном профиле побережья Байкала в районе пос. Култук наблюдаются погребенные слои остатков угля и строительного мусора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На большей части освоенной территории западного побережья Байкала выявлена средняя стадия гидрогенной трансформации почв (в районах устьев рек Крестовки и Сармы, заливов Курма и Мухор, озер Зама и Сухайтор-Нур). Высокая стадия трансформации почв отмечается в устье рек Голоустной и Анги, на побережье залива Шида и оз. Улан-Хан. На юго-восточном побережье Байкала в устьях рек Снежная, Утулик, Похабиха, Култук установлена высокая стадия трансформации почвенного покрова, что усугубляется антропогенным влиянием.

Во всех периодически затопляемых почвах побережья озера наблюдаются признаки гидроморфизма, на некоторых участках отмечаются опесчанивание, уменьшение запасов гумуса, наносы из органических остатков (мертвой водной и наземной растительности). Повышенные концентрации нефтепродуктов обнаружены локально в аллювиальных почвах у самого уреза воды в устьях рек Снежная и Хара-Мурино. Почти на всех исследованных участках западного побережья Байкала при затоплении наблюдается уменьшение площади кормовых угодий. Установлено, что почвы большей части ключевых участков побережья Байкала характеризуются низким содержанием элементов питания растений.

Работа выполнена за счет средств государственного задания № АААА-А21-121012190055-7 (FWEM-2021-0002).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Почвенные исследования Волховстроя // Почвоведение. — 1925. — № 1-2. — С. 155.
2. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шарапов В.А. Водохранилища. — М.: Мысль, 1987. — 325 с.
3. Болтова Л.М. Влияние Саратовского водохранилища на состав водорастворимых солей подтопляемых почв // Проблемы генезиса и мелиорации орошаемых почв. — М., 1973. — Ч. 2. — С. 188-194.
4. Владыченский С.А. Влияние долинных водохранилищ на прилегающие территории верхнего и нижнего бьефов // Вестн. Моск. ун-та. — 1962. — № 5. — С. 52-64.
5. Герасимова М.И. Изменение суглинистых дерново-подзолистых почв в зоне влияния водохранилищ // Бюл. Почвен. ин-та им. В.В. Докучаева. — 1981. — Вып. 28. — С. 54-55.
6. Добровольский Г.В. О подтоплении почв на побережьях водохранилищ // Науч. докл. высш. шк. (Биол. науки). — 1958. — № 3. — С. 173-178.
7. Корневская В.Е., Хрусталева М.А., Сизова О.В. Изменение свойств почв в глубоководной и мелководной зонах Можайского водохранилища // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. — 1987. — № 1. — С. 57-64.
8. Назаренко О.Г., Новикова Н.М., Рыльчиков А.Ю. Сравнительная характеристика морфологических свойств почв подтопленных территорий Цимлянского водохранилища // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2008. — № 12. — С. 34-40.
9. Новикова Н.М., Назаренко О.Г., Волкова Н.А. Методика оценки гидрогенной трансформации природных комплексов побережий водохранилищ // Экосистемы: экология и динамика. — 2017. — Т. 1, № 2. — С. 21-51.
10. Серышев В.А. Субаквальный диагенез и классификация аквалитоземов. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2017. — 247 с.
11. Серышев В.А., Серышева Н.В., Назарова Е.В. О влиянии Усть-Илимского водохранилища на почвенный покров прилегающих территорий // Прогрессивные направления проектирования, строительства и эксплуатации мелиоративных систем в условиях Сибири: Тезисы докл. — Красноярск, 1978. — С. 213-214.
12. Филькин Т.Г. Состояние почвенно-растительного покрова в зоне подтопления Камским водохранилищем: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Пермь, 2011. — 23 с.
13. Ye L., Tan W., Fang L., Ji L. Spatial analysis of soil aggregate stability in a small catchment of the Loess Plateau, China: II. Spatial prediction // Soil and Tillage Research. — 2018. — Vol. 192. — P. 1-11.

14. Серышев В.А., Орлов Д.С., Аммосова Я.М., Милановский Е.Ю. Некоторые особенности гумусовых веществ и характеристика отражательной способности затопленных почв Братского водохранилища // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. — 1990. — № 1. — С. 78–85.
15. Ожерельев А.А., Серышев В.А., Серышева Н.В. Газовый состав и биогенные элементы в воде Усть-Илимского водохранилища в период наполнения (1974–1977 гг.) // Гидробиологические исследования в Восточной Сибири. — Иркутск, 1981. — С. 13–17.
16. Никитин В.М., Абасов Н.В., Бычков И.В., Осипчук Е.Н. Исследования в бассейне Байкала // География и природ. ресурсы. — 2019. — № 4. — С. 74–83.
17. Постановление Правительства РФ от 2 марта 2019 г. № 234 «О системе управления реализацией национальной программы “Цифровая экономика Российской Федерации”» [Электронный ресурс]. — <https://base.garant.ru/72190034> (дата обращения 20.08.2022).
18. Никитин В.М., Абасов Н.В., Болгов М.В., Осипчук Е.Н. Устойчивость водохозяйственной системы бассейна реки Ангары в различных условиях водности // География и природ. ресурсы. — 2021. — № 2. — С. 103–113.
19. Кузьмин В.А. Почвы центральной зоны Байкальской природной территории (эколого-геохимический подход). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 166 с.
20. Цыбжитов Ц.Х., Цыбжитов А.Ц. Почвы бассейна озера Байкал. Т. 2: Генезис, география и классификация степных и лесостепных почв. — Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2000. — 165 с.
21. Балсанова Л.Д., Найданов Б.Б., Мангатаев А.Ц. Элементы почвенной катены полуострова Святой Нос (Восточное Прибайкалье) // Вестн. Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. — 2017. — № 1. — С. 44–51.
22. Гынинова А.Б., Шоба С.А., Балсанова Л.Д., Гынинова Б.Д. Почвы дельты реки Селенги (генезис, география, геохимия). — Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2012. — 344 с.
23. Убугунов Л.Л., Убугунова В.И., Белозерцева И.А., Гынинова А.Б., Сороковой А.А., Убугунов В.Л. Почвы бассейна оз. Байкал: итоги исследования за 1980–2017 гг. // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 4. — С. 76–87.
24. Воробьева Г.А. Почвы как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2010. — 205 с.
25. Убугунов В.Л., Убугунова В.И., Цыремпилов Э.Г. Почвы и формы рельефа Баргузинской котловины. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2016. — 212 с.
26. Лопатовская О.Г., Самойлова Е.А., Сороковой А.А. Засоленные почвы Приольхонья как объект геоинформационного картографирования // Геодезия и картография. — 2016. — № 5. — С. 19–23.
27. Белозерцева И.А., Убугунов Л.Л., Бадмаев Н.Б., Убугунов В.Л., Доржготов Д., Батхишиг О., Убугунова В.И., Гынинова А.Б., Балсанова Л.Д., Гончиков Б.Н., Цыбикдоржиев Ц.Д.Ц., Сороковой А.А. Почвы бассейна озера Байкал: Карта. М-6 1:2 500 000. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015 [Электронный ресурс]. — https://elibrary.ru/download/elibrary_24268326_12597939.jpg (дата обращения 20.09.2022).
28. Убугунов Л.Л., Белозерцева И.А., Убугунова В.И., Сороковой А.А. Разнообразие почв и почвенные ресурсы центральной экологической зоны Байкальской природной территории (в границах Республики Бурятия) // География и природ. ресурсы. — 2021. — № 2. — С. 69–78.
29. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьева. — М.: ГЕОС, 2006. — 399 с.
30. Агрохимические методы исследования почв / Ред. А.В. Соколов. — М.: Наука, 1975. — 656 с.
31. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. Классификация и диагностика почв России. — Смоленск: Ойкумена, 2004. — 342 с.
32. Вендров С.Л., Дьяконов К.Н. Водохранилища и окружающая природная среда. — М.: Наука, 1976. — 136 с.
33. Плиса Р.П. Изменение растительности дельты реки при зарегулировании стока. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 215 с.
34. Балюк Т.В., Кутузов А.В. Методы выявления состава и структуры экотонной системы вода–суша на побережье Цимлянского водохранилища // Аридные экосистемы. — 2006. — № 30–31. — С. 68–78.
35. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель / Минприроды России и Роскомзем. — М., 1994 [Электронный ресурс]. — <https://meganorm.ru/Index2/1/4294845/4294845896.htm> (дата обращения 20.08.2022).
36. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды, утвержденная приказом Минприроды России от 08.07.2010 № 238 (ред. от 18.11.2021) [Электронный ресурс]. — <https://docs.cntd.ru/document/902227668> (дата обращения 20.08.2022).
37. Рыльшиков А.Ю. Оценка степени трансформации природных ландшафтов под влиянием искусственных водоемов: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Ростов-на-Дону, 2009. — 22 с.
38. Залетаев В.С. Структурная организация экотон в контексте управления // Экотон в биосфере. — М.: Изд-во РАСХН, 1997. — С. 11–29.
39. Белозерцева И.А. Опыт интегральной оценки экологического состояния почвенного покрова при добыче газа в Приангарье // Почвоведение. — 2020. — № 2. — С. 1–15.
40. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий и рекомендации по применению удобрений в МО «Усть-Алтан» Осинского района Иркутской области / Ред. М.В. Бутырин. — Иркутск, 2009. — 27 с.
41. Гребенщикова В.И., Лустенберг Э.Е., Китаев Н.А., Ломоносов И.С. Геохимия окружающей среды Прибайкалья (Байкальский геоэкологический полигон). — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2008. — 234 с.

42. **ГН 2.1.7.2041–06.** Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. — 15 с.
43. **ГН 2.1.7.2042–06.** Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. — 11 с.
44. **СанПиН 1.2.3685–21.** Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания. Почва населенных мест и сельскохозяйственных угодий. 2021 [Электронный ресурс]. — http://test.safe-work.ru/Bibl/BibOT/n123685–21_4.html (дата обращения 30.01.2022).

Поступила в редакцию 20.01.2023

После доработки 22.02.2023

Принята к публикации 05.04.2023
