
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Плодородие почв

УДК 631.41:631.445(571.54)

АГРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ПОЧВ ПРИБРЕЖНЫХ ПОНИЖЕНИЙ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ХЛОРИДНЫХ ОЗЕР УЛДЗА-ТОРЕЙСКОГО БЕССТОЧНОГО БАССЕЙНА

© 2024 г. Л. Л. Убугунов^{1,2,*}, Т. А. Аюшина¹, В. И. Убугунова¹, А. Д. Жамбалова¹,
В. Л. Убугунов¹, О. В. Вишнякова¹

¹Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
670047 Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Р. Филиппова
670010 Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, Россия

*E-mail: l-ulze@mail.ru

Изучили почвенное разнообразие прибрежных понижений пульсирующих высокоминерализованных хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна (на примере оз. Бабье) на территории юго-восточного Забайкалья. Установлено, что оно представлено 3-мя основными типами почв — солончаками квазиглеевыми, гумусово-квазиглеевыми засоленными и светлогумусовыми засоленными почвами. Исследованные почвы, особенно солончак квазиглеевый, характеризовались неблагоприятными физико-химическими и агрохимическими свойствами и высокой степенью засоленности большинства горизонтов с избыточным содержанием токсичных Na^+ и Cl^- . В солончаке квазиглеевом выявлен очень высокий уровень концентрации N, Ca, Mg, S и ионов Na^+ и Cl^- в верхнем солончаковом слое (0–5 см). В исследованных почвах установлено низкое содержание большинства важнейших элементов питания, в том числе доступных для растений форм азота и фосфора, а для гумусово-квазиглеевой засоленной и светлогумусовой засоленной почв — еще и биогенных микроэлементов. Поэтому они обладают, исходя из агрохимической оценки их продукционного потенциала, крайне незначительным уровнем как потенциального, так и эффективного плодородия. Учитывая экологическую уникальность и лечебную ценность озера и его приозерных экосистем, рекомендуется полное выведение данных почвенно-земельных ресурсов из сельскохозяйственного оборота. Их необходимо использовать в виде особо охраняемых природных компонентов ландшафта в составе воспроизводственных участков, заказников, заповедников, территорий лечебно-бальнеологических курортов и других внекурортных здравниц.

Ключевые слова: соленые озера, прибрежные понижения, почвы, агрохимические свойства, макро- и микроэлементы, оценка плодородия, Забайкалье.

DOI: 10.31857/S0002188124080025, **EDN:** CEPYPS

ВВЕДЕНИЕ

Формирование и функционирование экосистем во многом зависят от состояния почвенных ресурсов территории. В связи с этим продукционный потенциал почв является важнейшим фактором, обеспечивающим биоразнообразие и воспроизводство биологических ресурсов и в целом — экологическую устойчивость всего биогеоценоза.

Для сохранения и повышения устойчивости почвенно-растительного покрова и недопущения деградации земельных ресурсов в условиях глобальных климатических изменений и усиливающегося антропогенного воздействия необходимы

мониторинговые исследования, учитывающие комплекс агрохимических свойств и уровень плодородия почв не только используемых в сельскохозяйственном производстве земель, но и имеющих эколого-охранную значимость природно-уникальных экосистем.

Неблагоприятные экосистемные последствия изменения климата, выражающиеся прежде всего в его потеплении и связанных с ним аридизацией и последующим опустыниванием ландшафтов, особенно наглядно начинают проявляться на обширной и экологически неустойчивой трансграничной территории бессточного Улдза-Торейского

бассейна, включающего регионы Российской Федерации (юго-восточное Забайкалье, Даурия), Монголии (Восточно-Монгольская равнина) и Китая (Внутренняя Монголия). Этому способствуют резко континентальный климат, малое количество осадков, маломощность и неблагоприятные для экологической устойчивости и плодородия свойства основных типов зональных почв. В долинах рек и приозерных понижениях данные негативные последствия усиливаются из-за существенной доли засоленных и заболоченных почв и происходящими процессами вторичного засоления и/или заболачивания.

Территория данного бассейна характеризуется наличием многочисленных (≈ 5000) бессточных соленых и солоноватых озер различного химического состава и разной степени минерализации [1–3]. Для них характерны происходящие циклические гумидные (трансгрессивные) и аридные (регрессивные) климатические фазы протяженностью примерно в 25–30 лет. Все озера расположены в замкнутых понижениях и имеют характер концевых бассейнов, аккумулирующих атмосферные и грунтовые воды с близлежащих окружающих территорий. Большинство из них являются небольшими водоемами с малой глубиной даже в многоводные годы, а в аридные периоды наблюдается их существенное обезвоживание или даже полное усыхание. По химизму засоления значительная часть водоемов характеризуются содовым (87%), меньшая — хлоридным (10%) и сульфатным (3%) типами засоления [4].

Непосредственно сами водоемы и их приозерные территории имеют большую экологическую и кормовую значимость, т.к. являются местом локализации и гнездования многочисленных местных и перелетных птиц [5], формирования и функционирования специфического разнообразия мелких млекопитающих и почвенных беспозвоночных [6, 7], водорослей [8, 9] и микробных сообществ [10, 11]. Исследований почвенного покрова прибрежных ландшафтов этих озер проведено крайне мало. В имеющихся материалах целью исследований были только территории, прилегающие к озерам содового или близкого к содовому типам засоления [12–14]. Каких-либо данных о почвах приозерных территорий водоемов с хлоридным засолением и уровне их плодородия в литературе не обнаружено.

Цель работы — исследовать характеристики основных свойств и плодородия ландшафтно доминирующих типов почв прибрежных понижений пульсирующих хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна в стадию выраженной регрессивной климатической фазы и дать агрохимическую оценку их продукционного потенциала.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на территории Улдза-Торейского бессточного бассейна в юго-восточном Забайкалье (Даурия), где в междуречьях р. Онона, Аргуни и их притоков расположено несколько сотен различных соленых и солоноватых озер [1]. Объектами исследования были выбраны почвы прибрежных экосистем высокоминерализованного хлоридного о. Бабье (N50.296291, E116.379090). Само озеро представляет собой бессточный водоем с изменяющейся площадью от 0.35 до 1.3 км² и находящимися на дне грязями, широко используемыми местным населением в лечебных целях. Для водоема также характерны циклические климатические изменения, которые существенным образом отражаются и на почвенном покрове прилегающих к озеру ландшафтов. В период исследования наблюдали выраженную регрессивную стадию, площадь озера была минимальной (0.3513 км²), глубина — незначительной (5–30 см). Произошло заметное уменьшение водной глади, повышение солености вод и величин щелочности (pH_{H_2O} до 8.9 ед.), наблюдали выраженную активизацию процессов засоления, увеличение площади солончаков и других процессов, связанных с циклической стадией аридизации климата [13, 15].

По морфоструктурному районированию территория Улдза-Торейского бессточного бассейна относится к обширной Восточно-Забайкальской депрессии [16]. Она расположена между разновозрастными и разнородными Борзинским, Уртуйским и Ононским террейнами [17], породы которых включают разнообразные осадочные и вулканогенно-осадочные образования [18]. Для климата региона характерна резкая континентальность, недостаточное количество суммы атмосферных осадков, меняющееся в различные годы в пределах 150–400 мм. Для осадков специфично преобладающее выпадение в июльско-августовский период. По ботанико-географическому районированию растительный покров прилегающих территорий относится к Монгольской степной провинции Центральноазиатской степной подобласти Евразии с преобладанием крыловоковыльных степей [19]. Основной чертой структуры растительности приозерных понижений является наличие концентрических поясов (полосности) вокруг водоема. В эпицентрах соленакопления формируются резко выраженные галофитные сообщества. Далее, в зависимости от условий увлажнения, засоленности и удаленности от водной глади озера, формируются бескильничевые, ползучеосоковые, ячменные, полынные сообщества, востречовые луга, сазовые степи. В засушливых циклических фазах отмечают возрастание площади галофитных лугов и пионерной галофитной растительности с доминированием однолетних маревых видов [20–22].

В качестве объекта исследования были выбраны 3 ключевых участка на супераквально-субаквальных, супераквальных и элювиально-супераквальных позициях в ландшафтах приозерного понижения. На каждом из них было заложено по 1-му опорному разрезу и по 3 — вспомогательных. Классификацию и диагностику почв проводили по [23, 24]. Морфологическое описание ключевых разрезов и некоторые основные свойства приведены нами ранее [25].

Гранулометрический состав определяли методом Качинского, pH_{H_2O} — методом ионометрии на приборе Экотест-120, содержание свободных карбонатов — газовольнометрическим методом, содержание гумуса — по Тюрину, обменных катионов — по Пфедферу в модификации Молодцова—Игнатовой. Физико-химические и агрохимические свойства, содержание общего N, $N-NO_3^-$ и $N-NH_4^+$ определяли классическими методами [26–28]. Валовое содержание зольных элементов определяли в аккредитованной лаборатории “Республиканского аналитического центра” атомно-эмиссионным методом с индуктивно связанной плазмой (ICP) на спектрометре “SPECTROARCOS”. Подвижные формы элементов питания определяли на приборе AAS “SOLAAR M” экстракцией ацетатно-аммонийным буфером pH 4.8.

В данном сообщении кратко приведены следующие сведения:

1. Разрез Б-1. Супераквально-субаквальная фация, в 50 м от существующей на настоящий момент береговой линии, растительное сообщество — сосняково-сведовое, формула профиля: Sq (0–5 см) — Cs (5–22 см) — CQs (22–80 см), почва — солончак квазиглеевый;

2. Разрез Б-2. Супераквальная фация, в 153 м от береговой линии, растительное сообщество — бескильницево-полынно-ячменевое, формула профиля: AJs (0–18 см) — ACs — CQs (18–39 см) — CQs (39–65 см), почва — гумусово-квазиглеевая засоленная;

3. Разрез Б-3. Элювиально-супераквальная фация, в 400 м от береговой линии, растительное сообщество — ковыльное, формула профиля: AJ (0–39 см) — ACs (39–47 см) — Cs (47–60 см), почва — светлогумусовая засоленная.

Изученные почвы образуют генетически связанный ряд почв. На приближенных к водной глади территориях доминируют солончаки, формирующиеся под существенным влиянием высокоминерализованных хлоридных озерных вод (уровень грунтовых вод — 60 см). Гумусово-квазиглеевые почвы испытывают воздействие озерных вод только в гумидный (трансгрессивный) цикл, в аридный — практически очень слабое или косвенное (через

остаточные свойства). Светлогумусовые почвы, занимающие более высокие позиции в рельефе, в настоящее время не подвержены их влиянию.

Для солончака квазиглеевого характерна резкая смена гранулометрического состава: верхний тяжелосуглинистый 5-см слой, содержащий высокое количество илистой фракции (33%), сменяется песчаным (5–20 см) и глубже — среднесуглинистым с таким же высоким содержанием мелкодисперсных частиц (табл. 1).

Почвенная кислотность соответствовала щелочным и сильнощелочным показателям. Весь профиль сильно насыщен свободными карбонатами, причем их накопление в верхнем слое 0–5 см происходит за счет испарительного процесса, а в нижних озерных отложениях — гидрогенной аккумуляции. Содержание гумуса в почвах очень низкое, а резкое возрастание этого показателя в верхнем горизонте связано с активизацией деятельности цианобактериальных матов [10]. Максимальные величины суммы обменных оснований отмечены в поверхностном солончаковом горизонте (27.5 смоль(экв)/кг почвы), с глубиной они снижаются (12.8–17.3 смоль(экв)/кг почвы). В исследованной почве преобладают обменные натрия (от 68 до 44% от суммы оснований) и магний (от 25 до 31% от суммы оснований). Доля обменного кальция заметно меньше, калия — минимальная. Для солончака квазиглеевого характерно очень высокое содержание легкорастворимых солей: от 2.68% в слое 0–5 см до 0.76–0.47% — в нижележащих. При этом наблюдают неблагоприятный солевой состав и соотношение водорастворимых солей, среди которых преобладают токсичные соли — от 2.62 до 0.73–0.44% соответственно. Тип засоления — хлоридно-натриевый: в составе анионов резко доминирует Cl^- (70–88% от суммы анионов), среди катионов существенно преобладает Na^+ — 91–94% суммы катионов.

Гумусово-квазиглеевая засоленная почва характеризуется неоднородным гранулометрическим составом: верхняя часть профиля (до 34–39 см) — супесчаная, нижняя — среднесуглинистая. Величины pH_{H_2O} свидетельствуют, что она является щелочной и сильнощелочной. Содержание свободных карбонатов меняется от 1.6–1.9% в верхних слоях и 6.0% — в нижнем горизонте. Почва малогумусная, имеет слабую поглонительную способность. Состав обменных катионов в верхнем светлогумусовом горизонте (AJs) относительно благоприятный для произрастания растений, т.к. в нем преобладают Mg^{2+} и Ca^{2+} . Доля Na^+ значительно меньше, но с глубиной его содержание значительно возрастает (до 53% от суммы). Гумусово-квазиглеевая почва содержит водорастворимые соли: по степени засоления верхняя часть профиля является

Таблица 1. Основные свойства приозерных почв оз. Бабье

Горизонт	Глубина, см	Содержание гранулометрических частиц, %		рН _{Н2О} , ед. рН	СО ₂ карбонатов, %	Гумус, %	Сумма обменных оснований, смоль(экв)кг	Са ²⁺ , % от суммы	Mg ²⁺ , % от суммы	Na ⁺ , % от суммы	К ⁺ , % от суммы	Легкорастворимые соли, %	Токсичные соли, %
		<0.001 мм	<0.01 мм										
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый													
Sq~	0—5	33	54	8.4	8.4	4.84	27.5	7	25	68	0	2.68	2.62
Cs~	5—20	11	14	8.8	2.3	0.48	13.3	18	30	46	6	0.76	0.73
CQs~	20—30	28	37	8.5	7.8	0.64	17.3	16	25	57	1	0.60	0.57
2CQ~	30—80	33	41	8.2	9.4	0.45	12.8	22	31	44	3	0.47	0.44
Разрез Б-2. Гумусово-квазиглеевая засоленная почва													
AJs	0—15	9	14	8.6	1.9	1.22	9.8	33	53	11	3	0.10	0.08
ACs	15—34	13	15	9.7	1.6	0.29	11.1	22	22	53	3	0.32	0.27
QCs	34—65	26	31	9.6	6.0	0.42	12.4	19	26	53	2	0.23	0.20
Разрез Б-3. Светлогумусовая засоленная почва													
AJ	0—33	7	13	7.5	0.5	1.27	8.6	51	37	8	4	0.06	0.04
ACs	33—44	14	20	9.4	0.7	0.91	19.1	19	21	59	1	0.28	0.23
Cs	44—60	20	31	9.2	1.3	0.67	20.7	17	15	66	1	0.44	0.39

слабо-, а нижняя – средnezасоленной). Тип засоления (по наличию анионов в верхнем горизонте (AJs)) является содово-хлоридным, в нижних – хлоридно-содовым; по наличию катионов – натриевым. Содержание Cl⁻ в данной почве на порядок меньше, чем в солончаке квазиглеевом. В составе водорастворимых катионов по всему профилю преобладает Na⁺. В гумусовом горизонте отмечают более благоприятное соотношение обменных Ca²⁺, Mg²⁺ и Na⁺, которое составляет соответственно 33, 53 и 11% от суммы обменных оснований.

Светлогумусовая засоленная почва в слое 0–33(39) см супесчаная, с глубиной гранулометрический состав утяжеляется до озерных суглинистых осадочных отложений. Для горизонта AJ характерна слабощелочная реакция среды (pH_{H2O} 7.5 ед.), в нижних она возрастает до сильнощелочной. Содержание СО_{2карб} незначительное по сравнению с гумусово-квазиглеевой засоленной почвой и заметно уступает солончаку квазиглеевому. Почва малогумусная, характер распределения органического вещества – постепенно убывающий. Содержание обменных оснований – низкое в светлогумусовом горизонте, но вниз по профилю

возрастает до 20.7 смоль(экв)кг почвы. Состав обменных катионов в верхнем слое имеет оптимальное для плодородия соотношение, т.к. 88% приходится на Са²⁺ и Mg²⁺ и только 8% на Na⁺. Глубже по профилю обнаружено резкое увеличение обменного натрия (до 59–66% от суммы катионов). Для светлогумусовой почвы характерна дифференцированная степень засоления: гумусовый горизонт не засолен, а в нижних их количество значительно возрастает и соответствует средней (гор. Acs) и сильной (гор. Cs) степеням засоления за счет резкого повышения доли гидрокарбонатных ионов (СО₃²⁻ и НСО₃⁻). Среди катионов доминирует Na⁺. Химизм засоления светлогумусовой засоленной почвы в зависимости от анионов является содово-хлоридным и хлоридно-содовым, катионов – натриевым.

Известно, что потенциальное (или пассивное) плодородие характеризуется не только рассмотренными относительно стабильными физическими, физико-химическими и химическими свойствами почв, но и содержанием и запасами химических элементов. Геохимическая специализация изученных приозерных почв в кратком виде была

представлена нами ранее [25]. С агрохимических позиций наибольший интерес представляет рассмотрение количественного уровня важнейших элементов-биофилов. В данном сообщении показано общее (валовое) содержание макроэлементов N, P, K, Ca, Mg, S, Na, Fe, из микроэлементов — Mn, Zn, Cu, Co, Ni (табл. 2).

Распределение азота, являющегося важнейшим питательным веществом для растений, в исследованных почвах было неравномерным. Незначительное его количество обнаружено в разрезе Б-3 и еще меньшее — в других почвах. Отмечено закономерное снижение содержания N с глубиной. Высокая концентрация этого элемента выявлена только в солончаковом слое (0–5 см) разреза Б-1, что объясняется биогенной активностью алкафильной щелочнолюбивой микрофлоры [10]. В целом для азота характерна сильно выраженная неоднородная степень рассеивания в почвах и его неравномерный характер распределения по почвенному профилю. Количество валового фосфора существенно варьировало в приозерных почвах оз. Бабье ($V = 54\%$). Максимальные показатели выявлены в верхних горизонтах разрезов Б-1 и Б-2, в остальных же они заметно меньше и меняются в пределах 160–289 мг/кг. Содержание общего калия и натрия во всех изученных почвах достаточно равномерное ($V = 10\%$), отмечено незначительное количество этих элементов в слое 0–5 см солончака квазиглеевого.

Установлена очень высокая вариабельность содержания щелочноземельных элементов (Ca и Mg) в исследованных приозерных почвах ($V = 80–82\%$), что преимущественно связано с различными процессами окарбонативания в почвенном профиле. Содержание Ca существенно различается. В разрезе Б-3 количество его минимальное (7 110–13 600 мг/кг), тогда как в горизонтах $Sq^{\sim}$ и $2CQ^{\sim}$ солончака квазиглеевого и в слое 0–15 см гумусово-квазиглеевой засоленной почвы оно значительно больше (50 600–71 630 мг/кг). Уровень накопления и характер распределения Mg аналогичен Ca.

Общего Fe в почвах содержится от 12 720 до 23 440 мг/кг, а диапазон варьирования содержания элемента, согласно грациям по степени рассеивания, заметно меньше, чем Ca и Mg, но все же значительный ($V = 24\%$). Валовое количество S в почвах широко варьирует в пределах от 212 до 904 мг/кг ($V = 56–89\%$), что обусловлено уровнем и химизмом засоления. В солончаковом горизонте разреза Б-1 отмечена максимальная концентрация этого элемента — 2250 мг/кг (табл. 2).

Распределение биогенных микроэлементов в почвах прибрежных понижений оз. Бабье и их горизонтах дифференцированное и зависит от гранулометрического и минералогического составов,

обуславливающих их геохимическую специализацию. По степени вариабельности (рассеивания) для Mn, Zn и Ni оно неоднородное, а для Cu и Co — незначительное (табл. 3).

Выявлено, что солончаковый слой (0–5 см) разреза Б-1 отличался значительным своеобразием в элементном составе, т.к. было отмечено очень высокое содержание N, Ca, Mg и S и повышенное — P, Na, Fe и Mn. Возможно, что специфика данного химического состава (учитывая и другие элементы) в определенной степени оказывала влияние на лечебные свойства данных солей и озерных грязей.

Важное значение для агрохимической оценки почвенного продукционного потенциала имеет сравнительная характеристика содержания биогенных элементов в изученных почвах с эталоном почвенного плодородия — черноземом [31] и преобладающей зональной почвой — каштановой мучнисто-карбонатной почвой Забайкалья [32].

Полученные результаты свидетельствовали, что в горизонтах $Cs^{\sim}$ разреза Б-1 (5–20 см), AJs разреза Б-2 (0–15 см) и AJ разреза Б-3 (0–33 см) содержится меньше, чем в черноземе, количество Fe, Mn, Zn, Cu и Co и особенно N, P, S. По сравнению с каштановой почвой Забайкалья, являющейся низко обеспеченной большинством важнейших макро- и микроэлементов [32], в них выявлено низкое содержание P, K, Na, Fe, Mn, Zn и Co, но относительно более высокое — N и S.

Очень важными при изучении продукционного потенциала почв являются сведения о подвижной форме элементов питания, т.к. в ее состав входят наиболее доступные для корневого питания растений соединения.

Согласно разработанным грациям обеспеченности почв питательными элементами [27, 33] установлено: содержание легкодоступных соединений N (нитратного и аммиачного), Ca и особенно P, K, Na, Mg и Mn было повышенным только в солончаковом слое (0–5 см) разреза Б-1. В целом в профилях и во всех остальных горизонтах исследованных почв выявлены незначительные изменения и невысокое содержание аммиачного азота, очень низкое — нитратного азота и подвижного фосфора и среднее — обменного калия (табл. 4).

Содержание и распределение по профилю извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером pH 4.8 соединений Na, Ca, Mg, Fe и Ni варьировали в зависимости от свойств и вещественного состава почв: pH почвенной среды, CO_2 карбонатов, влагообеспеченности почвы, степени и химизма засоления, общего содержания элемента, генезиса и состава гранулометрических фракций. Научно и официально разработанных граций

Таблица 2. Валовое содержание элементов минерального питания в приозерных почвах оз. Бабье, мг/кг

Горизонт	Глубина, см	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	S	Mn	Zn	Cu	Co	Ni
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый														
Sq~	0–5	9100	588	18 300	19 900	50 600	35 520	19 700	2250	477	52.8	19.2	9.6	21.9
Cs~	5–20	800	190	26 070	21 700	19 800	7100	13 200	584	234	19.6	10.6	5.2	9.5
CQs~	20–30	800	268	24 800	18 100	20 200	8300	13 900	319	321	23.1	9.8	5.9	10.0
2CQ~	30–80	500	284	23 600	17 300	69 700	16 700	12 720	807	320	25.8	12.3	4.9	9.4
Разрез Б-2. Гумусово-квазиглеевая засоленная почва														
AJs	0–15	2000	587	21 200	15 500	71 630	9700	22 500	904	673	37.1	16.3	8.5	15.6
ACs	15–34	500	173	25 300	18 100	15 200	8200	13 600	212	229	20.0	9.4	5.5	8.7
QCs	34–65	500	160	23 300	16 600	30 000	21 200	14 400	212	282	26.4	13.6	6.4	13.5
Разрез Б-3. Светлогумусовая засоленная почва														
AJ	0–33	2400	289	24 400	16 900	7110	2790	19 200	278	377	26.5	11.1	7.8	12.8
ACs	33–44	1600	224	24 300	17 800	7700	4600	20 700	437	302	33.1	12.5	7.7	17.7
Cs	44–60	1000	208	23 800	19 600	13 600	6800	23 440	890	340	38.7	13.3	9.0	22.2
Кларк в почвах мира [29, 30]	—	—	800	15 000	5000	15 000	5000	40 000	700	488	70	38.9	11.3	29.0
Чернозем [31]		4250	970	18 400	—	11 800	6400	29 300	1600	750	48	30	11	—
Каштановые почвы (0–20 см) [32]		780	690	31 200	30 900	14 500	5780	24 100	220	600	44	10.0	8.0	—

Таблица 3. Вариационно-статистические показатели валового содержания элементов минерального питания в приозерных почвах оз. Бабье

Элемент	$M \pm m$	Min	Max	$V, \%$
Азот	1920 ± 830	500	9100	>100 (136)
Азот*	1220 ± 240	500	2400	58
Фосфор	297 ± 50	160	588	54
Калий	23 500 ± 700	18 300	26 070	10
Натрий	18 200 ± 580	15 500	21 700	10
Кальций	30 600 ± 7 800	7 110	71 600	80
Магний	12 100 ± 3 100	2 790	35 500	82
Железо	17 400 ± 1 320	12 700	23 400	24
Сера	690 ± 194	212	2 250	89
Сера*	516 ± 96	212	904	56
Марганец	356 ± 42	229	673	37
Цинк	30.3 ± 3.3	19.6	52.8	34
Медь	12.8 ± 1.0	9.4	19.2	24
Кобальт	7.1 ± 0.5	4.9	9.6	24
Никель	14.1 ± 1.6	8.7	22.2	36

* Без учета содержания элементов в горизонте Sq~ (0–5 см) солончака квазиглеевого (разрез Б-1).

Таблица 4. Содержание подвижной формы элементов минерального питания в приозерных почвах оз. Бабье, мг/кг

Горизонт	Глубина, см	N		P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Co	Ni
		N-NO ₃	N-NH ₄	по Мачигину										
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый														
Sq~	0–5	3.3	21.0	56.6	747	15 200	36 700	18 400	46.4	219	3.02	0.28	0.60	0.52
Cs~	5–20	0.9	7.5	1.8	154	3 220	10 400	4100	90.7	75.8	3.10	0.34	0.47	0.44
CQs~	20–30	0.4	8.0	1.4	210	3 480	32 100	5880	90.8	16.5	2.32	0.49	0.70	0.60
2CQ~	30–80	0.5	8.0	9.3	178	2 150	43 100	6560	116	99.4	2.10	0.50	0.49	0.36
Разрез Б-2. Гумусово-квазиглеевая засоленная почва														
AJs	0–15	1.8	16.0	1.8	195	316	7060	2930	14.5	85.5	1.35	0.07	0.16	0.10
ACs	15–34	0.5	9.5	12.0	157	1200	4440	3590	35.0	55.2	2.00	0.12	0.33	0.33
QCs	34–65	0.4	9.0	6.6	169	1240	15 600	10 700	127	99.1	0.12	0.11	0.90	0.83
Разрез Б-3. Светлогумусовая засоленная почва														
AJ	0–33	2.2	14.0	2.2	121	99	936	266	0.6	4.4	0.80	0.01	Следы	0.05
ACs	33–44	2.4	9.5	6.6	121	1750	1230	508	2.7	2.2	0.69	0.04		0.13
Cs	44–60	1.4	8.5	6.6	137	3270	2520	1110	4.7	5.5	1.48	0.16		0.21
ПДК [33]										100	23	3.0		5.0
Каштановые почвы (0–20 см) [32]		0.9–2.2	4.0–9.8	23.8	128–177	—	—	—	—	10.6–21.1	0.34–0.92	0.1–0.21	0.06–0.08	16–18

Таблица 5. Обеспеченность почв подвижной формой элементов питания

Элемент	Градации обеспеченности культур		
	Разрез Б-1, гор. Cs~ (5–20 см)	Разрез Б-2, гор. AJs (0–15 см)	Разрез Б-3, гор. AJ (0–33 см)
Азот нитратный	Очень низкая	Очень низкая	Очень низкая
Фосфор	Очень низкая	Очень низкая	Очень низкая
Калий	Средняя	Средняя	Средняя
Марганец	Высокая	Высокая	Низкая
Цинк	Средняя	Низкая	Низкая
Медь	Средняя	Очень низкая	Очень низкая
Кобальт	Высокая	Средняя	Очень низкая

по полученным по данной методике показателям не обнаружено, но в целом можно считать, что уровень накопления подвижных форм Na, Ca и Mg достаточно высокий, а Fe и Ni – заметно меньше, особенно в светлогумусовой засоленной почве.

Распределение доступных для растений соединений Mn и Co находится на достаточно высоком уровне обеспеченности по всему профилю в разрезах Б-1 и Б-2 и низком – в разрезе Б-3. Для Zn и Cu характерна средняя степень их содержания во всех горизонтах солончака квазиглеевого и очень

низкая и низкая – в гумусово-квазиглеевой засоленной и светлогумусовой засоленной почвах.

Анализ полученных данных в верхних горизонтах почв прибрежных понижений оз. Бабье показал, что все они характеризуются очень низким содержанием нитратного азота, подвижного фосфора и средним – обменного калия (табл. 5).

Уровень накопления биогенных микроэлементов в изученных почвах различен: средне-высокий – в верхнем слое (5–20 см) в разрезе Б-1, высокий для Mn, средний для Co и низкий для Zn

и Cu — в разрезе Б-2 и низкий для Mn и Zn и очень низкий для Cu и Co — в разрезе Б-3. Также выявлено, что подвижная форма Mn в некоторых горизонтах солончака квазиглеевого и гумусово-квазиглеевой засоленной почвы содержится в близкой к ПДК величине (100 мг/кг), а в поверхностном слое разреза Б-1 даже превышает ее в 2.2 раза. Содержание соединений Zn, Cu, Co и Ni, извлекаемых ацетатно-аммонийным буфером pH 4.8, значительно ниже ПДК, разработанных для этих микроэлементов, особенно в светлогумусовой засоленной почве [34].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенное разнообразие прибрежных понижений пульсирующих высокоминерализованных хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна (на примере оз. Бабье) представлено 3-мя основными типами почв, формирующимися на различных ландшафтных позициях: на супераккумулятивных — солончаки квазиглеевые, на супераккумулятивных — гумусово-квазиглеевые засоленные почвы, на элювиально-супераккумулятивных — светлогумусовые засоленные почвы.

Солончаки квазиглеевые формируются под существенным влиянием высокоминерализованных хлоридных озерных вод. Для них свойственна резкая смена гранулометрического состава, сильнощелочные показатели pH_{H_2O} , насыщенность свободными карбонатами, незначительное содержание гумуса (кроме солонцового слоя, где преимущественно учитывается C_{org}), резкое преобладание в составе обменных катионов Na^+ и Mg^{2+} . Степень засоления очень высокая, среди легкорастворимых солей преобладают токсичные соединения. Тип засоления — хлоридно-натриевый. Общее (валовое) содержание N, P, Mn, Zn, Cu, Co и Ni в солончаках квазиглеевых (без учета гор. $Sq^{\sim}$) находится на низком, Fe и S — пониженном, остальных элементов — на высоком уровне по сравнению с кларком в почвах мира и эталоном почвенного плодородия — черноземом. Значительным своеобразием в элементном составе отличается солончаковый слой (0–5 см), т.к. ему свойственно очень высокое количество N, Ca, Mg и S. Содержание доступных для растений соединений питательных веществ свидетельствует об очень низком содержании нитратного азота и подвижного фосфора, среднем — обменного калия и достаточно высоком — подвижной формы других биогенных элементов.

Гумусово-квазиглеевая засоленная почва в аридной циклической фазе функционирует в полугидроморфном режиме. Она характеризуется супесчаным гранулометрическим составом в верхней части профиля, щелочной и сильнощелочной

реакцией среды, более низкой степенью окисленности профиля, малогумусностью, относительно благоприятным составом обменных катионов: >80% приходится на Ca^{2+} и Mg^{2+} . Почва является засоленной, концентрация легкорастворимых ионов повышается с глубиной. Тип засоления — содово-хлоридный и хлоридно-содовый, в зависимости от катионов — натриевый. Общее содержание биогенных элементов в данной почве при сравнении с кларком в почвах мира и курским черноземом относительно близко с солончаком квазиглеевым. Содержание доступных для растений соединений питательных веществ информирует об их очень низкой обеспеченности нитратным азотом, фосфором и медью, низкой — цинком, средней — калием и кобальтом и относительно высокой — другими элементами.

Светлогумусовая засоленная почва формируется на более высокой ландшафтной позиции без признаков влияния грунтовых вод. Гумусовый горизонт (0–33 см) обладает супесчаным гранулометрическим составом, слабощелочным pH, низким содержанием свободных карбонатов, преобладанием в составе обменных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} , незасоленностью. В более глубоких слоях профиля происходит подщелачивание почвенной среды, возрастание суммы обменных оснований с резким увеличением обменного натрия, усиливается степень засоления. Уровень депонирования общего N, валовых P, S и микроэлементов значительно меньше, Ca и Fe — пониженный, а K и Na — превышает их среднее содержание в почвах мира и курском черноземе. По содержанию подвижных форм питательных веществ в светлогумусовой засоленной почве все исследованные элементы находятся на очень низком и низком уровне обеспеченности, кроме обменного калия.

Исследованные почвы прибрежных понижений оз. Бабье характеризуются неблагоприятными физическими и физико-химическими свойствами и мелиоративной ситуацией из-за избыточной засоленности, низкого содержания большинства важнейших элементов питания, в том числе доступных для растений (подвижных) форм азота, фосфора, а для гумусово-квазиглеевой засоленной и светлогумусовой засоленной почв — еще и биогенных микроэлементов. Поэтому они обладают крайне незначительным уровнем как потенциального, так и эффективного плодородия.

По категориям использования земель в аграрном производстве исследованные почвы, в связи с их низким уровнем плодородия, засоленностью и слабой экологической устойчивостью, следует отнести к малопригодным или непригодным для использования. Можно рекомендовать только нормированный эпизодический выпас домашнего

скота. Учитывая экологическую уникальность и лечебную ценность озера и его приозерных экосистем, более эффективным природоохранным мероприятием следует считать их полное выведение из сельскохозяйственного оборота и использование в виде особо охраняемых природных компонентов в составе воспроизводственных участков, заказников, заповедников, территорий лечебно-бальнеологических курортов и других внекурортных здравниц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Складов Е.В., Складова О.А., Меньшагин Ю.В., Данилова М.А. Минерализованные озера Забайкалья и Северо-Восточной Монголии: особенности распространения и рудогенерирующий потенциал // Географ. и природ. ресурсы. 2011. № 4. С. 29–39.
2. Borzenko S.V., Shvartsev S.L. Chemical composition of salt lakes in East Transbaikalia (Russia) // Geochemistry. 2019. V. 103. P. 72–84.
3. Kashnitskaya M.A., Bolgov M.V. Closed Torey lakes: is it possible to predict changes in hydrological regime? // Rus. Meteorol. Hydrolog. 2021. V. 46. P. 341–344.
4. Борзенко С.В. Основные условия формирования химического состава вод соленых и солоноватых озер Восточного Забайкалья // Геохимия. 2020. Т. 65. № 12. С. 1212–1230.
5. Горошко О.А. Влияние многолетних климатических циклов на орнитокомплексы Даурии // Эволюция биогеохимических систем (факторы, процессы, закономерности) и проблемы природопользования. Чита, 2011. С. 140–143.
6. Баженев Ю.А. Население мелких млекопитающих окрестностей Торейских озер (юго-восточное Забайкалье) в период сухой климатической фазы: динамика и связь с осадками // Сиб. экол. журн. 2019. Т. 26. № 1. С. 29–41.
7. Мордкович В.Г., Любеченский И.И. Роль крупных членистоногих (Arthropoda: aranei, inse) в развитии галоморфных почв на юге Сибири // Почвоведение. 2017. № 5. С. 698–710.
8. Афонина Е.Ю., Ташлыкова Н.А. Планктон минеральных озер Юго-Восточного Забайкалья: трансформация и факторы среды // Сиб. экол. журн. 2019. № 2. С. 192–209.
9. Bazarova B.B., Tashlykova N.A., Afonina E.Y., Kuklin A.P., Matafonov P.V., Tsybekmitova G.T., Gorchacheva E.P., Itigilova M.T., Afonin A.V., Butenko M.N. Long-term fluctuations of the aquatic ecosystems in the Onon-Torey plain // Shengtai Xuebao. 2019. V. 39. № 2. P. 157–165.
10. Абидуева Е.Ю., Сыренжапова А.С., Намсараев Б.Б. Функционирование микробных сообществ в содово-соленых озерах Онон-Керуленской группы (Забайкалье и Северо-Восточная Монголия) // Сиб. экол. журн. 2006. Т. 13. № 6. С. 707–716.
11. Namsaraev Z.B., Gorlenko V.M., Zaitseva S.V., Kozyreva L.P., Namsaraev B.B. Microbial processes and factors controlling their activities in alkaline lakes of the Mongolian plateau // Chin. J. Oceanol. Limnol. 2015. V. 33. № 6. P. 1391–1401.
12. Баженова О.И., Черкашина А.А. Голоценовый морфолитоогенез в озерных котловинах юго-восточного Забайкалья // Геоморфология. 2018. № 2. С. 4–19.
13. Давыдова Н.Д. Состояние озер Онон-Аргунского междуречья в условиях меняющегося климата // Географ. и природ. ресурсы. 2020. № 5. С. 147–153. DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(147-153)
14. Хадеева Е.Р. Галогенез почв Забайкалья и Предбайкалья: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иркутск, 2021. 20 с.
15. Давыдова Н.Д. Изменения в компонентах степных геосистем юго-восточного Забайкалья в условиях потепления климата // Арид. экосист. 2022. Т. 28. № 1(90). С. 3–10. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-3-10
16. Воскресенский С.С., Постоленко Г.А., Симоню Ю.Г. Генезис и строение рельефа юго-восточного Забайкалья // Геоморфологические исследования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. С. 11–122.
17. Парфенов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеан. геол. 1999. Т. 18. № 5. С. 24–43.
18. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист М-50 – Борзя. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 553 с. + 6 вкл.
19. Лавренко Е.М. Провинциальное разделение Центральноазиатской подобласти Степной области Евразии // Бот. журн. 1970. Т. 55. № 12. С. 511–526.
20. Дуленова Б.И. Растительность Даурского озерно-степного заповедника // Уч. зап. Забайкал. Гос. гуманитар.-педагог. ун-та им. Н.Г. Чернышевского. 2010. Т. 1. С. 35–39.
21. Ткачук Т.Е., Жукова О.В. Результаты мониторинга растительности на стационарном геоботаническом профиле в Даурском заповеднике // Природоохран. сотrud.-во: Россия, Монголия, Китай. 2010. № 1. С. 290–294.

22. Tkachuk T.E., Pazdnikova N.M., Kozlova V.N., Saraeva L.I., Goryunova S.V. Dynamics of riparian vegetation of steppe lakes in the Dauria // Proceed. of the Inter. Conf. of China–Mongolia–Russia Dauria Inter. Protect. Area. Ulaanbaatar: Wildlife Conservation Society, 2014. P. 52–56.
23. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
24. Полевой определитель почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
25. Убугунова В.И., Убугунов Л.Л., Жамбалова А.Д., Аюшина Т.А., Убугунов В.Л. Почвы приозерных понижений пульсирующих хлоридных озер области внутреннего стока Центральной Азии // Почвоведение. 2023. № 12. С. 1580–1595.
26. Воробьева Л.А. Теория и методы химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
27. Практикум по агрохимии. Учеб. пособ. / Под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
28. Практикум по агрохимии. Учеб. пособ. / Под ред. В.А. Романенкова. М.: Изд-во МГУ, 2021. 144 с.
29. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. Taylor and Francis Group, LLC, 2011. 505 p.
30. Требования к геохимической основе государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (новая редакция). М.: ИМГРЭ, 2005. 40 с.
31. Ильин В.Б. Почвообразование и биогенная аккумуляция химических элементов // Проблемы почвоведения. М.: Наука, 1982. С. 49–52.
32. Убугунов Л.Л. Оптимизация минерального питания капусты. Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во, 1987. 128 с.
33. Маладаева М.Р., Убугунов Л.Л., Абашева Н.Е. Агрохимия. Учеб.-метод. изд-е. Улан-Удэ: Бурят. ГСХА им. В.Р. Филиппова, 2002. 142 с.
34. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. М., 2006. 14 с.

Agrochemical Assessment of Productive Potential of Soils of Coastal Depressions of Pulsating Highly Mineralized Chloride Lakes of the Uldza–Torey Drainless Closed Basin

L. L. Ubugunov^{a, b, #}, T. A. Ayushina^a, V. I. Ubugunova^a, A. D. Zhambalova^a,
V. L. Ubugunov^a, O. V. Vishnyakova^a

^a*Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
ul. Sakhyanovoi 6, Ulan-Ude 670047, Russia*

^b*V.R. Filippov Buryat State Agricultural Academy,
ul. Pushkina 8, Ulan-Ude 670010, Russia*

[#]*E-mail: l-ulze@mail.ru*

The soil diversity of coastal depressions of pulsating highly mineralized chloride lakes of the Uldza–Torey closed basin (on the example of the Lake Babie) within the Southeastern Transbaikalia area was studied. It has been established that 3 main soil types dominate: quasigley solonchaks, saline humus-quasigley soils and light-humus saline soils. The soils under study, especially the quasigley solonchaks, are characterized by unfavorable physicochemical and agrochemical properties and a high degree of salinity in most horizons with the excessive content of Na⁺ and Cl[–] toxic ions. Very high concentrations of N, Ca, Mg, S, and Na⁺ and Cl[–] ions were revealed in the upper saline layer (0–5 cm) of the quasigley solonchaks. A low content of the most important nutritional elements, including nitrogen and phosphorus available for plants was defined mainly in soils studied, so as biogenic microelements in humus-quasigley saline and light humus saline soils. Therefore, these soils have an extremely low level of both potential and effective fertility based on the agrochemical assessment of their production ability. When considering the ecological uniqueness and medicinal value of the lake and its lakeside ecosystems, it is recommended to exclude these soils and land resources from agricultural practice. They must be used in the form of specially protected natural landscape components as a part of reproduction areas, nature reserves, territories of medical and balneological resorts and other health care facilities.

Keywords: salt lakes, coastal depressions, soils, agrochemical properties, macro- and microelements, fertility assessment, Transbaikalia area.