

Научная статья

УДК 631.4(571.55)

DOI: 10.18101/2542-0623-2025-2-79-98

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ  
И ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ  
ПРИБРЕЖНЫХ ДЕПРЕССИЙ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ХЛОРИДНЫХ ОЗЕР  
УЛДЗА-ТОРЕЙСКОГО БЕССТОЧНОГО БАССЕЙНА**

**Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Т. А. Аюшина, А. Д. Жамбалова,  
В. Л. Убугунов, О. В. Вишнякова, Ц. Н. Насатуева**

© Убугунов Леонид Лазаревич

доктор биологических наук, профессор, директор

l-ulze@mail.ru

© Убугунова Вера Ивановна

доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник  
ubugunova57@mail.ru

© Аюшина Туяна Аюшиевна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

tuyana2602@mail.ru

© Жамбалова Анна Дашиевна

кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

zhambalova\_ann@mail.ru

© Убугунов Василий Леонидович

кандидат биологических наук, заведующий лабораторией

ubugunovv@mail.ru

© Вишнякова Оксана Владимировна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

ok\_vish@mail.ru

© Насатуева Цымпилма Номтоевна

младший научный сотрудник

tsympilmann@mail.ru

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН

Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

**Аннотация.** Впервые изучено содержание и распределение биогенных элементов в трех ландшафтно-доминирующих и фациально связанных почвах прибрежных депрессий пульсирующих высокоминерализованных хлоридных озер Улдза-Торейского бассейна (оз. Бабье, Юго-Восточное Забайкалье): солончаках квазиглеевых (Gleyic Solonchak (Loamic, Chloridic), гумусово-квазиглеевых засоленных (Calcaric Mollic Gleysol

(Arenic, Endosalic, Sodic) и светлогумусовых засоленных (Fluvic Kastanozem (Epiarenic, Amphiolyamic, Sodic). Проведена оценка их эколого-геохимического состояния. Установлено, что изученные почвы характеризуются неблагоприятными физическими, физико-химическими и агрохимическими свойствами и различной степенью засоления, а количественный уровень биогенных элементов существенно варьирует. Выявлено, что валовое содержание всех зольных макро- и микроэлементов незначительное и ниже их кларковых значений. Непосредственно в солончаковом слое солончака квазиглеевого определена очень высокая концентрация общего N и повышенная — Ca, Mg, S, Na и K. Аккумуляция большинства макро- и микроэлементов в исследованных почвах значительно ниже, чем в курском черноземе и зональной каштановой почве. Почвы приозерного понижения характеризуются экологически безопасным накоплением подвижной формы Zn, Cu, Co и Ni по сравнению с их ПДК, а количество Mn более высокое, особенно в солончаковом слое. Установлено низкое для потребностей растений содержание доступных форм азота, фосфора и большинства микроэлементов. В целом почвы характеризуются неблагоприятным для продукционного потенциала химическим составом биогенных элементов и не вполне оптимальной эколого-геохимической ситуацией. Однако они имеют существенную ландшафтно-экологическую и биологическую значимость для сохранения разнообразия уникальных природных экосистем, а в перспективе и определенный медицинский приоритет (лечебные грязи и минерализованные озерные воды).

**Ключевые слова:** Забайкалье, Улдза-Торейский бассейн, высокоминерализованные озера, засоленные почвы, биогенные элементы, геохимическая оценка.

### Благодарности

Исследования выполнены в рамках темы государственного задания Института общей и экспериментальной биологии СО РАН (№ госрегистрации 121030100228-4).

### Для цитирования

Элементный химический состав и эколого-геохимическая оценка состояния почв прибрежных депрессий пульсирующих хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна / Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Т. А. Аюшина [и др.] // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. 2025. № 2(31). С. 79–98. DOI: 10.18101/2542-0623-2025-2-79-98

### Введение

Формирование и функционирование экосистем во многом зависят от состояния почвенных ресурсов территорий. В связи с этим для сохранения и повышения устойчивости ландшафтов и недопущения деградации земельных ресурсов в условиях глобальных климатических изменений и усиливающегося антропогенного воздействия необходимы мониторинговые исследования, учитывающие комплекс как общих физико-химических и агрохимических свойств почв, так и особенности их элементного состава. Это позволяет оценить эколого-геохимическое состояние почвенного покрова [Добровольский, 2003; Сысо, 2007; Ильин, 2012], так как именно педосфера является активной зоной геосферно-биосферных взаимодействий и определяет создание важнейших экологических условий для жизнедеятельности живых организмов [Zhao et al., 2018; Zhang et al., 2019; Эволюция... 2020]. Данные исследования необходимы для изучения не только используемых в сельскохозяйственном производстве земель, но и основных

компонентов естественных экосистем в заповедных и рекреационных зонах, имеющих охранную значимость.

В последние полвека важное научно-практическое и экологическое значение стали приобретать исследования внутриконтинентальных аридных территорий Внутренней Азии. Для данного обширного региона характерны резко континентальный климат, недостаточное количество осадков, выраженная весенне-раннелетняя засуха, активные дефляционные и эрозионные процессы [Гунин, 1998; Куликов и др., 2014; Ecosystems... 2019], преобладание экологически слабоустойчивых и малоплодородных почв [Убугунов и др., 2018, 2019; Убугунов, 2021]. Поэтому здесь особенно наглядно проявляются неблагоприятные экосистемные последствия изменения климата и связанные с ними аридизация и последующее опустынивание ландшафтов [Куликов и др., 2014; Убугунов и др., 2016].

В северо-восточной части Внутренней Азии располагается Улдза-Торейский бессточный бассейн, включающий Юго-Восточное Забайкалье (Дауря) в Российской Федерации, северные окраины Восточно-Монгольской равнины в Монголии и Внутренней Монголии в Китае. Данная территория обладает наличием многочисленных (около 5 000) бессточных соленых и солоноватых озер неоднородного химического состава и разной степени минерализации, 300 из которых находятся в Даурии [Скляров и др., 2011; Borzenko, Shvartsev, 2019; Kashnitskaya, Bolgov, 2021]. Озера расположены в замкнутых понижениях, аккумулирующих атмосферные и грунтовые воды с окружающих территорий. Естественно, что происходящие климатические изменения отражаются на гидрологии и химическом составе этих водоемов, на ландшафтах приозерных понижений и в том числе почвенном покрове. Данные процессы усиливаются регулярно происходящими циклическими (примерно 30-летними) гумидными (трансгрессивными) и аридными (ретрессивными) климатическими фазами. Исходно неглубокие и маловодные даже в гумидные периоды озера существенно обезвоживаются в аридную фазу, вплоть до полного усыхания. По химизму засоления большая часть водоемов характеризуется содовым (87%), меньшая — хлоридным (10%) и сульфатным типами [Borzenko, Shvartsev, 2019; Борзенко, 2020].

Непосредственно сами озера и прилегающие к их депрессионным понижениям территории имеют большую экологическую и кормовую значимость, так как являются местом локализации и гнездования многочисленных местных и перелетных птиц [Горошко, 2011], формирования и функционирования специфичного разнообразия мелких млекопитающих, почвенных беспозвоночных и микробных сообществ [Абидуева и др., 2006; Namsaraev et al., 2015; Мордкович, Любечанский, 2017; Баженов, 2019]. Проведено крайне незначительное число исследований по почвенному покрову прибрежных ландшафтов этих озер, только на территориях, прилегающих к озерам содового или близкого к содовому типам засоления [Баженова, Черкашина, 2018; Хадеева, 2021; Давыдова, 2022]. По приозерным почвам водоемов с хлоридным засолением и их макро- и микроэлементному составу каких-либо данных в литературе не обнаружено, за исключением проведенных нами [Убугунова и др., 2023; Убугунова и др., 2024]. Также совершенно отсутствуют исследования по оценке экогеохимического и эколого-агрохимического состояния данных почв.

Цель — изучить основные свойства и элементный состав ландшафтно-доминирующих типов почв прибрежных замкнутых депрессий пульсирующих хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна, трансформирующихся в стадию выраженной регressiveвой климатической фазы и провести оценку их экогеохимического и агрохимического состояния.

### Материал и методика

Прибрежные почвы высокоминерализованного хлоридного озера Бабье ( $50^{\circ}17'47''$  с. ш.,  $116^{\circ}22'45''$  в. д.) являлись объектами наших исследований. Котловина озера расположена между разнородными и разновозрастными террейнами [Парфенов, 1999], породы которых включают разнообразные осадочные и вулканогенно-осадочные образования<sup>1</sup>. Характерная черта структуры растительности — концентрическая полосность вокруг водоема. В эпизентрах соленакопления произрастают галофитные сообщества, далее, по мере удаления от них и в зависимости от высотного положения, уровня увлажнения и степени засоления развиваются различные галоксерофитные фитоценозы и саванные степи [Дулепова, 2010; Ткачук, Жукова, 2013].

В период исследований наблюдалась выраженная аридная климатическая фаза и произошло заметное сокращение площади водной поверхности (до  $0,35 \text{ км}^2$ ), уменьшение глубины водоема до 5–30 см, повышение солености вод и значений их щелочности (рН воды до 8,9). На прилегающих к озеру территориях активизировались процессы засоления, увеличились площади солончаков, растительность трансформировалась в сторону доминирования солелюбивых видов, в том числе пионерных галофитных группировок с преобладанием однолетних маревых [Давыдова, 2020, 2022].

Почвенные и экогеохимические исследования проводились на трех ключевых участках, представляющих супераквально-субаквальную, супераквальную и элювиально-супераквальную позиции прибрежного понижения оз. Бабье. На каждом из них было заложено по одному опорному разрезу и три вспомогательных. Классификация и диагностика почв проведена по Классификации и диагностике почв России (2004), Полевому определителю почв<sup>2</sup> и IUSS<sup>3</sup>, а морфологическое описание разрезов представлено в [Убугунова и др., 2023].

Первый модельный полигон (Б-1) расположен на самом низком и наиболее подверженном циклическим изменениям супераквально-субаквальном участке прибрежной депрессии. Разрез заложен в 50 м от береговой линии. Поверхность характеризуется низким проективным покрытием с выраженным оголенным солевыми корочками, а редкая растительность представлена галофитными сосюреево-сведовыми ценозами. Доминанты: *Suaeda corniculata* (C. A. Mey) Bunge, *Saussurea amara* (L.) DC. Морфологический профиль резко дифференцирован и состоит из следующих горизонтов: S g, ca (0–5 см) — C g, ox, s, ca (5–20 см) —

<sup>1</sup> Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист М-50 — Борзя. Объяснительная записка. Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2010. 553 с.

<sup>2</sup> Полевой определитель почв. Москва : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2008. 182 с.

<sup>3</sup> IUSS Working Group WRB. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria. 2022. Available at: [https://wrb.isric.org/files/WRB\\_fourth\\_edition\\_2022-12-18.pdf](https://wrb.isric.org/files/WRB_fourth_edition_2022-12-18.pdf).

C Gs, са~ (20–30 см) — 2 C Gs, са~ (30–80 см). Почва — солончак квазиглеевый (Gleyic Solonchak (Loamic, Chloridic)), формирующийся под существенным влиянием высокоминерализованных хлоридных вод (уровень грунтовых вод обнаружен на глубине 60 см).

Второй ключевой участок (Б-2) находится на супераквальных позициях в 153 м от линии водораздела. Растительность носит галофитный характер с доминированием бескильницево-полянно-ячменевого сообщества. Преобладающими видами растений являются *Artemisia anethifolia* Weber ex Stechm., *Puccinellia tenuiflora* (Griseb.) Scribn. & Merr., *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link. Морфологическая характеристика профиля: AJca,s (0–15 см) — AC са, с (15–34 см) — CG са, с (34–65 см). Почва — гумусово-квазиглеевая засоленная (Calcaric Mollic Gleysol (Arenic, Endosalic, Sodic)), испытывающая воздействие озерных вод только в гумидный климатический цикл, а в аридный — очень слабое или косвенное (через остаточные свойства).

Третий разрез (Б-3) заложен на пологом склоне элювиально-супераквального участка палеогидроморфной позиции приозерного понижения в 400 м от береговой линии. Растительность на этом полигоне представлена в основном зональными степными сообществами, но с заметным участием злаков галофитной экологии (*Stipa krylovii* Roshev., *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvelev и др.). Формула профиля: AJ са (0–33 см) — AC са, ds, s (33–44 см) — C са, s (44–60 см). Почва — светлогумусовая засоленная (Fluvic Kastanozem (Epiarenic, Amphiolyamic, Sodic)), не подверженная влиянию озерных вод в аридную (ретрессивную) фазу.

Физико-химические и агрохимические свойства почв, в том числе содержание общего N, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> и N-NH4<sup>+</sup>, исследовали классическими методами [Практикум... 2001, 2021; Воробьева, 2006], гранулометрический состав почв — по Качинскому, содержание обменных катионов — по Пфефферу в модификации В. А. Молодцова и В. П. Игнатовой, степень засоления — в зависимости от химизма [Засоленные... 2006]. Были проанализированы верхние и более глубокие горизонты всех трех типов почв и отдельно Sg, са (0–5 см) солончака квазиглеевого.

В исследуемых почвах изучено содержание и распределение биогенных макро- и микроэлементов, значимость которых для жизнедеятельности организмов в научной литературе и медико-гигиенической практике на текущий период обоснована. В составе макроэлементов исследовано содержание N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe и S, из микроэлементов — Mn, Zn, Cu, Co и Ni. Валовое содержание зольных элементов определяли (после разложения прокаленной почвы с плавиковой кислотой в присутствии H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и перевода в соляно-кислый раствор) атомно-эмиссионным методом (ICP-анализ) на спектрометре «Spectro Arcos» (Spectro Analytical Instruments GmbH, Германия) в аккредитованной испытательной лаборатории «Республиканского аналитического центра» в г. Улан-Удэ. В качестве эталонов сравнения в экогеохимии использовались следующие значения кларков химических элементов в верхней части континентальной земной коры по рекомендации [Касимов, Власов, 2015]: для N, S — по [Wedepohl, 1995]; для P, Fe, Mn, Zn, Ni — по [Григорьев, 2009]; для K, Na, Ca, Mg — по [Rudnick, Gao, 2003]; для Cu, Co — по [Hu et al., 2008].

Подвижные формы фосфора и калия определяли методом Мачигина, микроэлементов — экстракцией ацетатно-аммонийным буферным раствором (ААБ) с pH 4,8 в соотношении почва — реагент 1:10 методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре SOLAAR M6 (Thermo Electron Corp., США).

### Результаты и обсуждение

*Физико-химическая характеристика почв.* Солончак квазиглеевый характеризуется неоднородным гранулометрическим составом: верхний тяжелосуглинистый слой (0–5 см) сменяется песчаным (5–20 см), а более глубокие — среднесуглинистым (табл. 1). Почва имеет щелочные и сильнощелочные значения pH<sub>водн.</sub>. Профиль насыщен свободными карбонатами (2,3–9,4%). Максимальное их количество отмечается в поверхностном горизонте из-за активных испарительных процессов, а в нижних озерных отложениях за счет гидрогенной аккумуляции. Содержание гумуса в почвах очень низкое, относительно резкое возрастание этого показателя в верхнем слое связано с активизацией деятельности цианобактериальных матов [Абидуева и др., 2006] и свидетельствует об увеличении C<sub>опр.</sub>. Наибольшие значения суммы обменных оснований выявлены в солончаковом горизонте, с глубиной значения снижаются до 12,8–17,3 смоль(экв)/кг почвы. Состав и соотношения обменных катионов крайне неблагоприятные, так как в исследованной почве заметно преобладают обменные натрий (44–68% суммы оснований) и магний (25–31% суммы оснований). Доля обменного кальция, а тем более калия значительно ниже. Для солончака квазиглеевого характерно очень высокое накопление легкорастворимых солей, особенно в горизонте Sg,ca (2,68%), преимущественно представленных токсичными солями (табл. 1): среди анионов доминирует Cl<sup>-</sup>, а среди катионов существенно преобладает Na<sup>+</sup>, что определяет хлоридно-натриевый тип засоления [Убугунова и др., 2023].

Гумусово-квазиглеевая засоленная почва в верхней части профиля (до 34–39 см) супесчаная, в нижней — среднесуглинистая, реакция среды щелочная и сильнощелочная (табл. 1). Свободные карбонаты обнаружены по всему профилю, но в верхних горизонтах их содержание незначительное, а в более глубоком (CGca,s) заметно возрастает. Почва характеризуется низким содержанием гумуса и слабой поглотительной способностью. Состав обменных катионов в верхнем светлогумусовом горизонте (AJca,s) относительно благоприятный с точки зрения почвенного плодородия и произрастания растений, так как в нем преобладают Mg<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup>. Доля обменного натрия ниже, хотя с глубиной его содержание значительно возрастает (до 53% суммы). По степени засоления гумусово-квазиглеевая почва в верхней части профиля является слабозасоленной, а в нижней — среднезасоленной (табл. 1). Среди анионов доминируют HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и Cl<sup>-</sup>, но содержание последнего в данной почве значительно ниже, чем в солончаке квазиглеевом. Среди катионов по всему профилю преобладает Na<sup>+</sup>. Тип засоления в верхнем горизонте (AJ s) — содово-хлоридно-натриевый, а в нижних — хлоридно-содово-натриевый [Убугунова и др., 2023].

Светлогумусовой засоленной почве также свойствен неоднородный гранулометрический состав: в верхней части профиля он супесчаный, с глубиной утяжеляется до озерных суглинистых отложений (табл. 1).

Таблица I

Основные свойства почв прибрежной депрессии озера Балык

Горизонт	Глубина, см	Содержание частиц < 0,01 мм, %	pH <sub>водн.</sub>	CO <sub>2</sub> карбонатов, %	Гумус, %	Сумма обменных оснований, смоль(экв)/кг	Легкорастворимые соли			Токсичные соли %		
							Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>			
Разрез Б-1. Солончак квазиглесовый												
S g, ca	0–5	54	8,4	8,4	4,84	27,5	7	25	68	0	2,68	2,62
C g, ox, ca, s	5–20	14	8,8	2,3	0,48	13,3	18	30	46	6	0,76	0,73
CG s, ca	20–30	37	8,5	7,8	0,64	17,3	16	25	57	1	0,60	0,57
2CG s, ca	30–80	41	8,2	9,4	0,45	12,8	22	31	44	3	0,47	0,44
Разрез Б-2. Гумусово-квазиглесовая засоленная почва												
AJ ca, s	0–15	14	8,6	1,9	1,22	9,8	33	53	11	3	0,10	0,08
AC ca, s	15–34	15	9,7	1,6	0,29	11,1	22	22	53	3	0,32	0,27
CG ca, s	34–65	31	9,6	6,0	0,42	12,4	19	26	53	2	0,23	0,20
Разрез Б-3. Светлогумусовая засоленная почва												
AJ ca	0–33	13	7,5	0,5	1,27	8,6	51	37	8	4	0,06	0,04
AC ca, dc, s	33–44	20	9,4	0,7	0,91	19,1	19	21	59	1	0,28	0,23
C ca, s	44–60	31	9,2	1,3	0,67	20,7	17	15	66	1	0,44	0,39

Гумусовый горизонт характеризуется слабощелочной реакцией среды, но в гор. АС са, dc, s и С са, s величина рН<sub>водн.</sub> резко возрастает до сильнощелочных значений. Концентрация свободных карбонатов по всему профилю незначительная. Данной почве свойственно низкое содержание гумуса. Сумма обменных оснований несущественная в верхнем слое, вниз по профилю возрастает до 20,7 смоль(экв)/кг почвы. В составе катионов гумусового горизонта 88 % приходится на Ca<sup>+</sup> и Mg<sup>+</sup> и только 8 % на Na<sup>+</sup>, но с глубиной обнаружено резкое увеличение обменного натрия до 59–66 % от суммы катионов. Почва имеет засоление различной степени: верхний 0–33 см слой не засоленный, а в нижних горизонтах количество легкорастворимых солей значительно возрастает и соответствует средней (горизонт АС са, dc, s) и сильной (горизонт С са, s) степени за счет резкого повышения доли гидрокарбонатных и карбонатных ионов. Среди водорастворимых катионов доминирует Na<sup>+</sup> (табл. 1). Химизм засоления светлогумусовой засоленной почвы по анионам содово-хлоридный и хлоридно-содовый, по катионам — натриевый [Убугунова и др., 2023].

*Элементный состав почв.* Геохимическая специализация приозерных почв Улдза-Торейского бессточного бассейна в общем виде представлена в [Убугунова и др., 2023]. Выявлено, что они характеризуются высоким содержанием мышьяка, коэффициент концентрации которого составляет 5,1–12,4. Это связано, на наш взгляд, с близким расположением района исследований (около 20–30 км) к Шерловогорской мышьяковой биогеохимической провинции с повышенными и ураганными значениями концентрации А с в почвах [Юргенсон и др., 2009; Солодухина и др., 2010].

Содержание азота в исследованных почвах неравномерное (табл. 2). Высокая концентрация этого элемента, как и С<sub>опр</sub>, обнаружена только непосредственно в солончаковом горизонте разреза Б-1, что объясняется биогенной активностью алкалифильной (щелочнолюбивой) микрофлоры, а также ингибированием процессов трансформации азота под влиянием высокого уровня засоления, в результате чего происходит его накопление [Абидуева и др., 2006; Akhtar et al., 2012; Namsaraev et al., 2015]. С глубиной происходит закономерное снижение содержания N, что свидетельствует о неравномерном характере его распределения по профилю, резко выраженной неоднородной степени рассеивания в почвах и приуроченности к органогенным горизонтам. Максимальное содержание валовой формы фосфора также приурочено к поверхностному слою солончака квазиглеевого. В остальных горизонтах всех изученных почв количество данного элемента заметно ниже и существенно варьирует (V = 54 %).

По содержанию общего калия и натрия исследованные почвы характеризуются близкими значениями и равномерным их распределением по профилям (V = 10 %), хотя в солончаке квазиглеевом отмечено меньшее количество К непосредственно в солончаковом слое (табл. 2).

На распределение валовых форм кальция и магния существенное влияние оказывают различные уровни процессов окарбоначивания (табл. 2). Содержание Ca в светлогумусовой засоленной почве минимальное, тогда как в горизонтах S g, са и 2CG s,са солончака квазиглеевого и в слое 0–34 см гумусово-квазиглеевой засоленной почвы оно значительно выше. Уровень накопления и характер распределения Mg аналогичны Ca. В целом для этих элементов характерна очень высокая вариабельность во всех изученных приозерных почвах (V = 80–82 %).

Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Т. А. Аюшина, А. Д. Жамбалова, В. Л. Убугунов, О. В. Вишнякова, Ц. Н. Насатуева. Элементный химический состав и эколого-геохимическая оценка состояния почв...

Таблица 2

Валовое содержание макро- и микроэлементов в почвах прибрежной депрессии озера Байкал (Мг/кг)

Горизонт	Глубина, см	N	P	K	Na	Ca	Mg	Fe	S	Mn	Zn	Cu	Co	Ni
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый														
S g, ca	0–5	9 100	588	18 300	19 900	50 600	35 520	19 700	2 250	477	52,8	19,2	9,6	21,9
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый														
C g, ox, ca, s + C Gs, ca	5–30*	800	221	25 560	20 260	19 960	7 580	13 480	478	269	21,0	10,0	5,0	10,0
2CG s, ca	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														
AJ ca, s + AC ca, s	0–34*	11 62	356	23 490	16 950	40 100	8 860	17 530	517	425	27,5	12,4	6,8	11,7
CG ca, s	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 ca	0–33	2 400	289	24 400	16 900	7 110	2 790	19 200	278	377	26,5	11,1	7,8	12,8
AC ca, dc, s	33–44	1 600	224	24 300	17 800	7 700	4 600	20 700	437	302	33,1	12,5	7,7	17,7
Cca,s	44–60	1 000	208	23 800	19 600	13 600	6 800	23 440	890	340	38,7	13,3	9,0	22,2
Кларк в земной коре, Мг/кг	—	83	690	23 240	24 260	25 660	14 950	40 600	953	770	75	27	15	50
Кларк в почвах мира	—	—	800	15 000	5 000	15 000	40 000	700	488	70	38,9	11,3	29,0	
Курский чернозем	—	4 250	970	18 400	—	11 800	6 400	29 300	1 600	750	48	30	11	—
Каштановые почвы (0–20 см)	—	780	690	31 200	30 900	14 500	5 780	24 100	220	600	44	10,0	8,0	—
ПДК [21, 26]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1 500	100	55,0	25,0	85

Расшифровка: \* — средневзвешенное содержание элементов.

Содержание валового железа в почвах депрессионного понижения озера Бабье невысокое — 12 720–23 440 мг/кг (табл. 2). Внутрипрофильное распределение Fe в солончаке квазиглеевом и гумусово-квазиглеевой засоленной почве характеризуется незначительным повышением его содержания в верхней части профиля. Однако выраженного накопления элемента не происходит: согласно градациям по степени рассеивания диапазон варьирования Fe заметно ниже, чем Ca и Mg, и является достаточно однородным ( $V = 24\%$ ).

Уровень накопления валовой формы серы в почвах зависит от уровня и химизма засоления и существенно различается как между почвами в целом, так и по генетическим горизонтам (без учета горизонта S g, q солончака квазиглеевого) — от 212 до 890 мг/кг (табл. 2). Коэффициент вариации при этом свидетельствует об определенной неоднородности степени рассеивания элемента ( $V = 56\%$ ). Максимальных значений содержание S достигает в солончаковом горизонте разреза Б-1, где оно составляет 2250 мг/кг (табл. 2).

Содержание и распределение биологически значимых микроэлементов — марганца, цинка и никеля — в исследованных почвах дифференцированное в зависимости от гранулометрического состава и свойств (табл. 2). Уровень депонирования меди и кобальта имеет несущественные различия между почвами, а их распределение по профилям относительно равномерное. Для Mn, Zn и Co характерна недостаточно однородная ( $V = 34$ – $37\%$ ), а для Cu и Co — однородная ( $V = 24\%$ ) выборка.

Непосредственно солончаковый слой (разрез Б-1) отличается существенным своеобразием по сравнению как с нижележащими горизонтами, так и с другими почвами, так как характеризуется очень высоким содержанием N, Ca, Mg, S, высоким — P, Zn, Cu, Ni и повышенным — Mn, Co (табл. 2). Возможно, что особенности химического состава (учитывая и другие химические элементы) и специфика соотношения элементов оказывают влияние на лечебные свойства данных солей и озерных грязей.

*Эколого-геохимическая и агрохимическая оценка почв.* Для оценки эколого-геохимической ситуации в почвах предлагается использовать три основные эталонные величины: кларки химических элементов в верхней части континентальной земной коры, фоновые геохимические уровни и гигиенические нормативы [Касимов, Власов, 2015].

Сравнительная оценка накопления макро- и микроэлементов в верхних слоях исследованных приозерных почв (разрез Б-1 — 0–5 см и 5–30 см; разрез Б-2 — 0–34 см; разрез Б-3 — 0–33 см) с их кларками в земной коре свидетельствовала, что они очень сильно концентрируют N, особенно светлогумусовая засоленная почва, и практически не накапливают K (рис.). Коэффициент концентрации (КК) Na оказался несколько ниже, а P, Mg, Fe, S и всех микроэлементов заметно уступает их кларковым величинам. Степень депонирования Ca в почвах различная: от превышающих кларковое значение (разрез Б-2) до незначительных (разрез Б-1) и заметно уступающих (Б-3) ему. Горизонт S g, са разреза Б-1 концентрирует Ca, Mg, S и очень активно N по сравнению с их кларками, а КК остальных элементов заметно ниже (рис.).

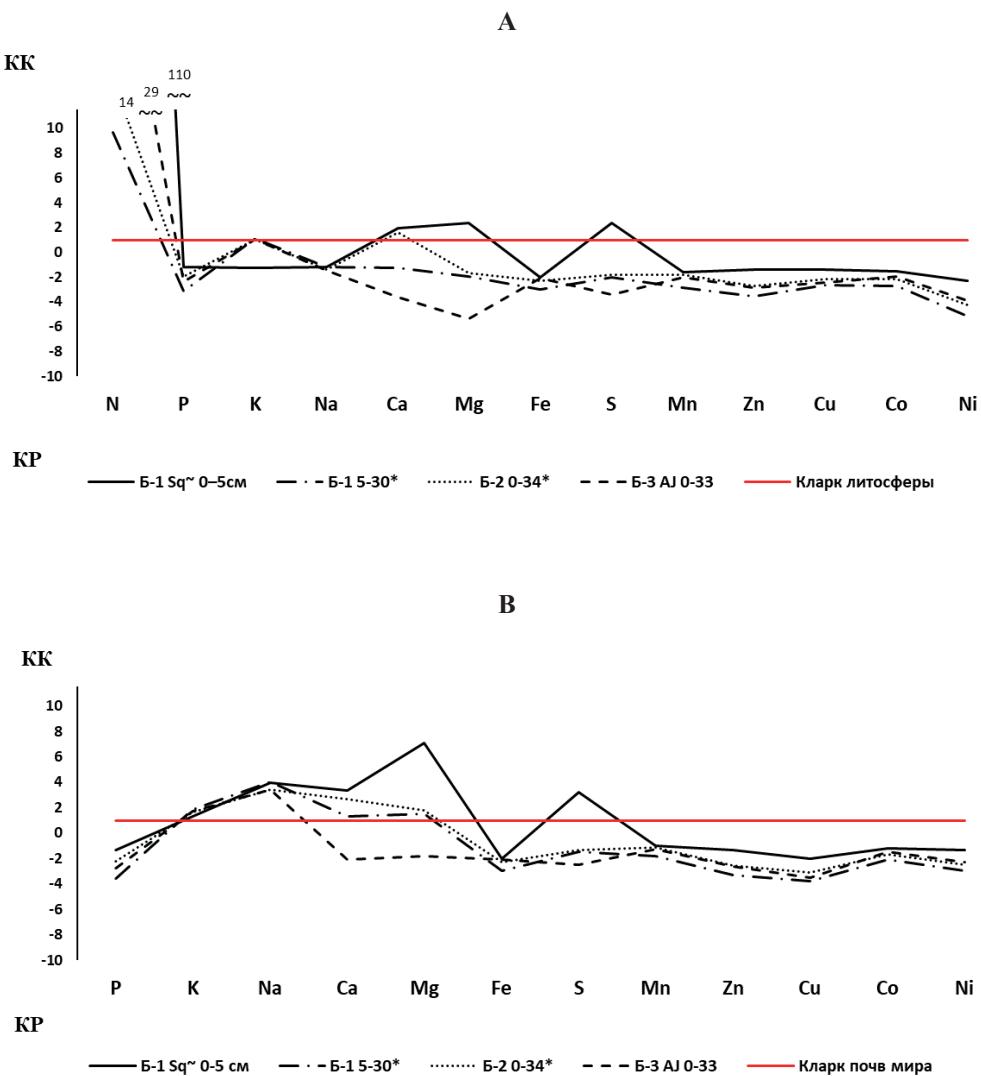


Рис. Кларк концентрации (КК) и рассеивания (KP) по отношению:  
А — к кларку литосферы; Б — к кларку почв мира; \* — средневзвешенная

Согласно разработанным критериям<sup>1</sup> [Ковалевский, 1974] содержание микроэлементов (Mn, Zn, Cu, Co) в почвах прибрежных депрессий озера Бабье значительно ниже значений ПДК, находится в пределах агро- и биогеохимической нормы и с точки зрения санитарно-гигиенических нормативов избыточного количества (загрязнения) данных тяжелых металлов в них не обнаружено (табл. 2).

Определение уровня аккумуляции биологически значимых элементов в почвах приозерной депрессии озера Бабье в сравнении с кларком в почвах мира<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов. Москва, 1975. 80 с.

<sup>2</sup> Требования к геохимической основе государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000000 (новая редакция). Москва : ИМГРЭ, 2005. 40 с.

[Kabata-Pendias, 2011] показало, что для них характерна повышенная концентрация Na, K и очень высокая N (рис.). Подобная закономерность выявлена в разрезах Б-1 и Б-2 для Ca и Mg, тогда как в светлогумусовой засоленной почве КК этих элементов по своим значениям был существенно ниже. Содержание остальных макро- и микроэлементов было также понижено по сравнению с их фоновыми почвенно-геохимическими уровнями. Горизонту Sg, са солончака квазиглеевого (0–5 см) свойственно высокое содержание Mg, K, Na, Ca, S и особенно N (рис.).

Существенное значение для оценки макро- и микроэлементной ситуации в исследованных почвах имеет сравнительная характеристика их содержания с эталоном почвенного плодородия — курским черноземом [Ильин, 1982] и преобладающей зональной почвой региона — каштановой мучнисто-карбонатной почвой Забайкалья [Убугунов, 1987]. Полученные результаты показали, что в почвах прибрежного понижения оз. Бабье содержится значительно меньшее, чем в черноземе, количество N, P, S, а также Fe, Mn, Zn, Cu и Co. По сравнению с зональным типом почв, который слабо обеспечен большинством важнейших макро- и микроэлементов, в исследуемых почвах наблюдается еще более низкий уровень концентрации P, K, Na, Fe, Mn, Zn и Co, но относительно повышенный — N и S (табл. 2).

Очень важным для оценки экогеохимической и агрохимической ситуаций являются сведения о подвижных формах макро- и микроэлементов, которые при избыточных концентрациях в почвах могут быть источниками загрязнения ландшафтов, а при оптимальных, напротив, — источниками питания растений. Полученные данные свидетельствовали, что исследуемые почвы характеризуются значительно меньшим накоплением подвижной формы Zn, Cu, Co и Ni по сравнению с их ПДК<sup>1</sup>. Количество Mn, извлекаемого ААБ с pH 4,8, в светлогумусовой засоленной почве оказалось ниже предельно допустимой концентрации. В гумусово-квазиглеевой засоленной почве и солончаке квазиглеевом оно было высоким, относительно близким к ПДК, а непосредственно в солончаковом слое разреза Б-1 — превышающим данное значение в 2,2 раза (табл. 3).

Агрохимическая оценка согласно разработанным градациям обеспеченности почв питательными элементами [Практикум... 2001; Маладаева и др., 2002] показала повышенное количество нитратного и аммиачного азота, особенно P и K, только в горизонте S g, са солончака квазиглеевого. В целом по профилям и всем остальным горизонтам исследованных почв выявлены незначительные изменения и невысокое содержание аммиачного азота, очень низкое (значительно ниже нормы) — нитратного азота и подвижного фосфора и среднее (нормальное содержание) — обменного калия (табл. 4). Степень накопления доступных для растений микроэлементов находится на нормальном и выше нормального уровнях по всему профилю солончака квазиглеевого. Для гумусово-квазиглеевой засоленной почвы характерна высокая и средняя обеспеченность Mn и Co, низкая — Zn и очень низкая — Cu. В светлогумусовой засоленной почве содержание всех четырех микроэлементов незначительное и заметно ниже требуемых агрохимических норм.

<sup>1</sup> СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», 2021.

Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, Т. А. Аюшина, А. Д. Жамбалова, В. Л. Убугунов, О. В. Вишнякова, Ц. Н. Насатуева. Элементный химический состав и эколого-геохимическая оценка состояния почв...

*Таблица 3*

Содержание подвижной формы макро- и микроэлементов в почвах прибрежной депрессии озера Балык (мг/кг)

Горизонт	Глубина, см	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mn	Zn	Cu	Co	Ni									
				по Мачигину	аметатно-аммонийный буфер с pH 4,8														
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый																			
Разрез Б-1. Солончак квазиглеевый																			
C g, ca	0-5	3,3	21,0	56,6	747,1	219,4	3,02	0,28	0,60	0,52									
2CGs,ca	30-80	0,5	8,0	9,3	178,3	99,4	2,10	0,50	0,49	0,36									
Разрез Б-2. Гумусово-квазиглеевая засоленная почва																			
AJ ca, s + AC ca, s	0-34*	1,1	12,4	7,5	173,6	68,6	1,7	0,1	0,3	0,2									
CG ca, s	34-65	0,4	9,0	6,6	168,7	99,1	0,12	0,11	0,90	0,83									
Разрез Б-3. Светлогумусовая засоленная почва																			
AJ ca	0-33	2,2	14,0	2,2	120,5	4,4	0,80	0,01	C <sub>Л.</sub>	0,05									
AC ca, dc, s	33-44	2,4	9,5	6,6	120,5	2,2	0,69	0,04	C <sub>Л.</sub>	0,13									
C ca, s	44-60	1,4	8,5	6,6	137,3	5,5	1,48	0,16	C <sub>Л.</sub>	0,21									
ПДК для подвижной формы элементов	—	—	—	—	—	100	23,0	3,0	5,0	4,0									

Таблица 4

Градации (и оценки) содержания подвижных форм макро- и микроэлементов в почвах прибрежной депрессии озера Бабье

Элемент	Градации содержания		
	Солончак квазиглеевый, горизонт C g, ox, ca, s + CG s, ca (5–30 см)	Гумусово-квазиглеевая засоленная почва, горизонт AJ ca, s + A с ca, s (0–34 см)	Светлогумусовая засоленная почва, горизонт AJ ca (0–33 см)
Азот нитратный	Очень низкое (ниже нормы)	Очень низкое (ниже нормы)	Очень низкое (ниже нормы)
Фосфор	Очень низкое (ниже нормы)	Очень низкое (ниже нормы)	Очень низкое (ниже нормы)
Калий	Среднее (норма)	Среднее (норма)	Среднее (норма)
Марганец	Высокое (выше нормы)	Высокое (выше нормы)	Низкое (ниже нормы)
Цинк	Среднее (норма)	Низкое (ниже нормы)	Низкое (ниже нормы)
Медь	Среднее (норма)	Очень низкое (ниже нормы)	Очень низкое (ниже нормы)
Кобальт	Высокое (выше нормы)	Среднее (норма)	Очень низкое (ниже нормы)

### Заключение

Почвенный покров прибрежных депрессий циклически пульсирующих высокоминерализованных хлоридных озер Улдза-Торейского бессточного бассейна Центрально-Азиатского региона преимущественно представлен тремя основными ландшафтно-доминирующими типами почв — солончаками квазиглеевыми, гумусово-квазиглеевыми засоленными и светлогумусовыми засоленными почвами, формирующими со соответственно на супераквально- субаквальных, субаквальных и эловиально-супераквальных фациальных позициях приозерного понижения. Изученные почвы характеризуются дифференцированным гранулометрическим составом, неблагоприятными физико-химическими свойствами и различной степенью засоления большинства горизонтов. Очень сильное засоление с избыточным содержанием токсичных ионов натрия и хлора выражено в поверхностном (солончаковом) горизонте солончака квазиглеевого.

Общее (валовое) содержание макро- и микроэлементов в обследованных объектах ниже их кларковых значений в земной коре, кроме N, во всех почвах и Ca в гумусово-квазиглеевой засоленной почве. В горизонте Sq<sup>~</sup> солончака квазиглеевого отмечена очень высокая аккумуляция N и повышенная — Ca, Mg и S, но коэффициент концентрации остальных элементов заметно ниже кларковых величин.

Количественный уровень накопления типоморфных элементов степных (Ca, Mg) и галоморфных (Na, K) экосистем выше в солончаке квазиглеевом и

гумусово-квазиглеевой почве по сравнению с почвами мира. В светлогумусовой засоленной почве коэффициент концентрации этих элементов существенно ниже. Содержание остальных биогенных элементов незначительное относительно их кларковых почвенно-геохимических уровней.

Для горизонта Sq<sup>~</sup> солончака квазиглеевого свойственно очень высокое по сравнению со «среднепочвенными» значениями содержание N и высокое — Mg, K, Na, Ca, S. Сравнительная оценка аккумуляции биогенных элементов в исследованных почвах с мировым эталоном почвенного плодородия (курский чернозем) и забайкальской зональной почвой свидетельствовала, что они аккумулируют значительно меньшее, чем в черноземе и каштановой почве, количество большинства макро- и микроэлементов.

Почвы приозерного понижения озера Бабье характеризуются экологически безопасным содержанием подвижной формы Zn, Cu, Со и Ni по сравнению с их предельно-допустимыми концентрациями (ПДК). Количество лабильного Mn в гумусово-квазиглеевой засоленной почве и солончаке квазиглеевом существенное и относительно близкое к ПДК, а непосредственно в солончаковом слое превышало данное значение.

Исследованные приозерные почвы характеризуются незначительным уровнем плодородия, так как для них свойственно низкое содержание доступных для растений важнейших питательных веществ, особенно нитратного азота и подвижного фосфора, а для гумусово-квазиглеевой засоленной и светлогумусовой засоленной почв — еще и большинства микроэлементов.

Проведенное изучение эколого-геохимической ситуации по содержанию биогенных элементов и агрохимического состояния почв прибрежного понижения высокоминерализованного хлоридного озера Бабье свидетельствует об их практической малопригодности для аграрного использования. Однако, учитывая их ландшафтно-природную значимость для сохранения разнообразия озерных и приозерных экосистем, а также лечебную ценность соленых вод и иловых грязей, рекомендуется полное выведение этих почв из сельскохозяйственного оборота и включение в состав особо охраняемых природных территорий.

Считаем и выражаем надежду, что особую перспективность имеют дальнейшие исследования по изучению многообразия процессов почвообразования, формирования элементного химического состава, эколого-геохимической ситуации и естественного продукционного потенциала в широко распространенных во Внутренней Азии, но крайне слабо изученных приозерных почвах хлоридного и других типов засоления.

### **Литература**

1. Абидуева Е. Ю., Сыренжапова А. С., Намсараев Б. Б. Функционирование микробных сообществ в содово-соленых озерах Онон-Керulenской группы (Забайкалье и Северо-Восточная Монголия) // Сибирский экологический журнал. 2006. Т. 13, № 6. С. 707–716. Текст : непосредственный.
2. Баженов Ю. А. Население мелких млекопитающих окрестностей Торейских озер (Юго-Восточное Забайкалье) в период сухой климатической фазы: динамика и связь с осадками // Сибирский экологический журнал. 2019. Т. 26, № 1. С. 29–41. DOI 10.15372/SEJ20190103. Текст : непосредственный.

3. Баженова О. И., Черкашина А. А. Голоценовый морфолитогенез в озерных котловинах Юго-Восточного Забайкалья // Геоморфология. 2018. № 2. С. 4–19. DOI 10.7868/S0435428118020013. Текст : непосредственный.
4. Борзенко С. В. Основные условия формирования химического состава вод соленых и солоноватых озер Восточного Забайкалья // Геохимия. 2020. Т. 65, № 12. С. 1212–1230. DOI 10.31857/S0016752520090034. Текст : непосредственный.
5. Воробьева Л. А. Теория и методы химического анализа почв. Москва : ГЕОС, 2006. 400 с. Текст : непосредственный.
6. Горошко О. А. Влияние многолетних климатических циклов на орнитокомплексы Даурии // Эволюция биогеохимических систем (факторы, процессы, закономерности) и проблемы природопользования. Чита, 2011. С. 140–143. Текст : непосредственный.
7. Григорьев Н. А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург : УрО РАН, 2009. 382 с. Текст : непосредственный.
8. Гунин П. Д. Охрана экосистем Внутренней Азии. Москва : Наука, 1998. 219 с. Текст : непосредственный.
9. Давыдова Н. Д. Изменения в компонентах степных геосистем Юго-Восточного Забайкалья в условиях потепления климата // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28, № 1 (90). С. 3–10. DOI 10.24412/1993-3916-2022-1-3-10. Текст : непосредственный.
10. Давыдова Н. Д. Состояние озер Онон-Аргунского междуречья в условиях меняющегося климата // География и природные ресурсы. 2020. № 5. С. 147–153. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2020-5(147–153). Текст : непосредственный.
11. Добропольский В. В. Основы биогеохимии. Москва : Академия, 2003. 400 с. Текст : непосредственный.
12. Дулепова Б. И. Растительность Даурского озерно-степного заповедника // Ученые записки Забайкальского государственного гуманитарно-педагогического университета им. Н. Г. Чернышевского. 2010. Т. 1. С. 35–39. Текст : непосредственный.
13. Засоленные почвы России : монография / Е. И. Панкова, Л. А. Воробьева, А. Ф. Новикова [и др.]. Москва : ИКЦ Академкнига, 2006. 854 с. Текст : непосредственный.
14. Ильин В. Б. Почвообразование и биогенная аккумуляция химических элементов // Проблемы почвоведения. Москва : Наука, 1982. С. 49–52. Текст : непосредственный.
15. Ильин В. Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва — растение. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2012. 220 с. Текст : непосредственный.
16. Касимов Н. С., Власов Д. В. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2015. № 2. С. 7–17. Текст : непосредственный.
17. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск : Ойкумена, 2004. 342 с. Текст : непосредственный.
18. Ковалевский В. В. Геохимическая экология : очерки. Москва : Наука, 1974. 299 с. Текст : непосредственный.
19. Куликов А. И., Убугунов Л. Л., Мангатаев А. Ц. О глобальном изменении климата и его экосистемных следствиях // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20, № 3. С. 5–13. Текст : непосредственный.
20. Маладаева М. Р., Убугунов Л. Л., Абашеева Н. Е. Агрехимия : учебно-методическое пособие. Улан-Удэ : Изд-во БГСХА им. В. Р. Филиппова, 2002. 142 с. Текст : непосредственный.
21. Мордкович В. Г., Любечанский И. И. Роль крупных членистоногих (Arthropodia: Aranei, Insecta) в развитии галоморфных почв на юге Сибири // Почвоведение. 2017. № 5. С. 698–710. DOI 10.7868/S0032180X17040062. Текст : непосредственный.

22. Парфенов Л. М., Попеко Л. И., Томуртогоо О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18, № 5. С. 24–43. Текст : непосредственный.
23. Практикум по агрохимии : учебное пособие / под редакцией академика РАСХН В. Г. Минеева. Москва : Изд-во МГУ, 2001. 689 с. Текст : непосредственный.
24. Практикум по агрохимии : учебное пособие / под редакцией В. А. Романенкова. Москва : Изд-во МГУ, 2021. 144 с. Текст : непосредственный.
25. Минерализованные озера Забайкалья и Северо-Восточной Монголии: особенности распространения и рудогенерирующий потенциал / Е. В. Скляров, О. А. Склярова, Ю. В. Меньшагин, М. А. Данилова // География и природные ресурсы. 2011. № 4. С. 29–39. DOI 10.1134/S1875372811040044. Текст : непосредственный.
26. Солодухина М. А., Юргенсон Г. А., Смирнова О. К. Мышиак в почвах Шерловогорского рудного района // Вестник Забайкальского центра РАН. 2010. № 1(3). С. 15–19. Текст : непосредственный.
27. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2007. 277 с. Текст : непосредственный.
28. Ткачук Т. Е., Жукова О. В. Динамика растительности Даурского заповедника // Ученые записки ЗабГГПУ. 2013. № 1(48). С. 45–57. Текст : непосредственный.
29. Убугунов Л. Л. Оптимизация минерального питания капусты. Улан-Удэ : Бурят. кн. изд-во, 1987. 128 с. Текст : непосредственный.
30. Убугунов Л. Л. Почвы Внутренней Азии: результаты и перспективы исследований для разработки моделей их устойчивого земледелия // Почвы — стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда почвоведов им. В. В. Докучаева. Москва ; Сыктывкар: ИБ ФИЦ КомиНЦ УРО РАН, 2021. Ч. 3. С. 618–619. Текст : непосредственный.
31. Экологическое районирование почв бассейна озера Байкал / Л. Л. Убугунов, И. А. Белозерцева, В. И. Убугунова, А. А. Сороковой // Сибирский экологический журнал. 2019. № 6. 640–653. DOI 10.15372/SEJ20190602. Текст : непосредственный.
32. Убугунов Л. Л., Куликов А. И., Убугунов В. Л. Разнообразие, риски деградации и эколого-агрохимические технологии управления плодородием почв Внутренней Азии // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 2. С. 3–9. Текст : непосредственный.
33. Почвы бассейна оз. Байкал: итоги исследования за 1980–2017 гг. // География и природные ресурсы / Л. Л. Убугунов, В. И. Убугунова, И. А. Белозерцева [и др.]. 2018. № 4. С. 76–87. DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2018-4(76-87). Текст : непосредственный.
34. Почвы приозерных понижений пульсирующих хлоридных озер области внутреннего стока Центральной Азии / В. И. Убугунова, Л. Л. Убугунов, А. Д. Жамбалова [и др.]. // Почвоведение. 2023. № 12. С. 1580–1595. DOI 10.31857/S0032180X23600737. Текст : непосредственный.
35. Почвенно-растительный покров и микробиоморфная оценка экосистем прибрежных понижений высокоминерализованных бессточных пульсирующих озер Даурии (Юго-Восточное Забайкалье) / В. И. Убугунова, Л. Л. Убугунов, А. С. Сыренжапова [и др.]. // Сибирский экологический журнал. 2024. № 1. С. 74–91. DOI 10.15372/SEJ20240107. Текст : непосредственный.
36. Хадеева Е. Р. Галогенез почв Забайкалья и Предбайкалья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Иркутск, 2021. 20 с. Текст : непосредственный.
37. Эволюция, функционирование и экологическая роль почв как компонента биосфера / ответственные редакторы А. О. Алексеев, В. Н. Кудеяров. Пущино : Товарищество научных изданий КМК, 2020. 290 с. Текст : непосредственный.

38. К проблеме биологического поглощения токсичных химических элементов растениями в природных и геотехногенных системах / Г. А. Юнгерсон, М. А. Солодухина, О. К. Смирнова [и др.]. // Вестник МАНЭБ. 2009. Т. 14, № 3. С. 110–113. Текст : непосредственный.
39. Akhtar M., Hussain F., Ashraf M. Y. et al. Influence of Salinity on Nitrogen Transformations in Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2012; 43: 1674–1683. DOI 10.1080/00103624.2012.681738.
40. Borzenko S. V., Shvartsev S. L. Chemical Composition of Salt Lakes in East Transbaikalia (Russia). *Geochem Chemistry*. 2019; 103: 72–84. DOI 10.1016/j.apgeochem.2019.02.014.
41. Ecosystems of Mongolia Atlas. P. D. Ginin & M. Saandar (Eds). Ulaanbaatar : Admon, 2019. 264 p.
42. Hu Z., Gao S. Upper Crustal Abundances of Trace Elements: A Revision and Update. *Chem. Geol.* 2008; 253(3–4): 205–221. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2008.05.010.
43. Kabata-Pendias A. *Trace Elements in Sols and Plants*. 4th ed. Taylor and Francis Group. LLC, 2011, 505 p.
44. Kashnitskaya M. A., Bolgov M. V. Closed Torey Lakes: Is It Possible to Predict Changes in Hydrological Regime? *Russian Meteorology and Hydrology*. 2021; 46: 341–344. DOI: 10.5200/0130-2906-2021-5-95-98.
45. Namsaraev Z. B., Gorlenko V. M., Zaitseva S. V. et al. Microbial Processes and Factors Controlling their Activities in Alkaline Lakes of the Mongolian Plateau. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 2015; V. 33(6): 1391–1401. DOI 10.1007/s00343-015-4373-6.
46. Rudnick R. L., Gao S. Composition of the Continental Crust. *Treatise on Geochemistry. The Crust*. Elsevier Sci. 2003; 3: 1–64.
47. Wedepohl K. H. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1995; 59(7): 1217–1232.
48. Zhang K., Shi Y., Cui X. et al. Salinity is a Key Determinant for Soil Microbial Communities in a Desert Ecosystem. *mSystems*. 2019; 4(1): 1–11. DOI 10.1128/mSystems.00225-18.
49. Zhao S., Liu J. J., Banerjee S., Zhou N., Zhao Z. Y., Zhang K., Tian Ch. Y. Soil pH is Equally Important as Salinity in Shaping Bacterial Communities in Saline Soils under Halophytic Vegetation. *Science Reports*. 2018; 8(4550): 1–11. DOI 10.1038/s41598-018-22788-7.

*Статья поступила в редакцию 17.04.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 20.06.2025.*

ELEMENTAL CHEMICAL COMPOSITION AND ECOLOGICAL-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL CONDITION IN LACUSTRINE DEPRESSIONS OF PULSATING CHLORIDE LAKES OF ULDZA-TOREY INNER BASIN

L. L. Ubugunov, V. I. Ubugunova, T. A. Ayushina, A. D. Zhambalova,  
V. L. Ubugunov, O. V. Vishnyakova, Ts. N. Nasatueva

Leonid L. Ubugunov  
Dr. Sci. (Biol.), Prof., Director  
l-ulze@mail.ru

Vera I. Ubugunova  
Dr. Sci. (Biol.), Prof., Leading Researcher,  
ubugunova57@mail.ru

*Tuyana A. Ayushina*

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher  
tuyana2602@mail.ru

*Anna D. Zhambalova*

Cand. Sci. (Biol.), Junior Researcher  
zhambalova\_ann@mail.ru

*Vasily L. Ubugunov*

Cand. Sci. (Biol.), Laboratory Head  
ubugunovv@mail.ru

*Oksana V. Vishnyakova*

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher  
ok\_vish@mail.ru

*Tsympilma N. Nasatueva*

Junior Researcher  
tsympilmann@mail.ru

Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia

*Abstract.* In a scientific first, we have studied the content and distribution of biogenic elements in three landscape-dominating and facies-related soils in lacustrine depressions of pulsating highly mineralized chloride lakes of Uldza-Torey basin (Lake Babye, Southeastern Transbaikalia): gleyic solonchak (loamic, chloridic), calcareous mollic gleysol (arenic, endosalic, sodic) and fluvic kastanozem (epiarenic, amphiloamic, sodic). The article presents an assessment of their ecological and geochemical status. It has been found that the studied soils are characterized by unfavorable physical, physicochemical and agrochemical properties and varying degree of salinity, and the quantitative level of nutrients varies significantly. Gross content of all macro- and microelements in ash is insignificant and lower than clarke values. Very high N concentration and increased content of Ca, Mg, S, Na and K have been determined directly in the saline layer of gleyic solonchak. The accumulation of most macro- and microelements in soils studied is significantly lower than in Kursk chernozem and zonal chestnut soil. Soils of the lake depression are characterized by an environmentally safe accumulation of the labile forms of Zn, Cu, Co and Ni compared to their maximum permissible concentrations, and Mn content is higher, especially in the saline layer. The content of available nitrogen, phosphorus and most microelements for plant needs are low in these soils. In general, they are of unfavorable composition of nutrients for production potential and less than optimal ecological and geochemical situation. However, the soils have significant landscape-ecological and biological significance for preserving the diversity of unique natural ecosystems, and in the future they will also have a certain medical priority (therapeutic mud and mineralized lake waters).

*Keywords:* Transbaikalia, Uldza-Torey basin, highly mineralized lakes, saline soils, biogenic elements, geochemical assessment.

#### *Acknowledgments*

The research was carried out within the framework of the state assignment of Institute of General and Experimental Biology SB RAS (state registration number 121030100228-4).

*For citation*

Ubugunov L. L., Ubugunova V. I., Ayushina T. A. et al. Elemental Chemical Composition and Ecological-Geochemical Assessment of Soil Condition in Lacustrine Depressions of Pulsating Chloride Lakes of Uldza-Torey Inner Basin. *Nature of Inner Asia*. 2025; 2(31): 79–98 (In Russ.).  
DOI: 10.18101/2542-0623-2025-2-79-98

*The article was submitted 17.04.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 20.06.2025.*