© Булуктаев А.А., Адьянова А.Б., Гончарова Л.Ю., Шерстнев А.К., Манджиева С.С., 2026
УДК 631.412
DOI: 10.24412/2712-8628-2026-2-19-30

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЧЕРНОЗЕМЕЛЬСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

***А.А. Булуктаев[1], А.Б. Адьянова[1], Л.Ю. Гончарова[2], А.К. Шерстнев[2], С.С. Манджиева[1]**

[1]Калмыцкий научный центр Российской академии наук, Россия, Элиста
[2]Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского Южного федерального университета, Россия, Ростов-на-Дону
e-mail: *buluktaev89@mail.ru

В статье представлены результаты комплексной оценки эколого-геохимического состояния почв селитебных территорий Черноземельского района Республики Калмыкия. Изучены физико-химические свойства, ферментативная активность (каталаза), гранулометрический и валовой элементный состав доминирующих типов почв (бурые полупустынные, солонцы, пески) в 19 населенных пунктах. Установлено, что почвы характеризуются слабощелочной и щелочной реакцией среды, а также низким содержанием гумуса (в среднем 1,1 %), которое положительно коррелирует с активностью каталазы. В гранулометрическом составе преобладают супеси и пески. На основе анализа концентраций тяжелых металлов рассчитан суммарный показатель загрязнения (Zc). Показано, что для абсолютного большинства исследованных территорий (96 %) характерен допустимый уровень техногенной нагрузки. Выявлена локальная геохимическая аномалия в центре п. Ермолинский, где уровень загрязнения классифицируется как умеренно опасный (Zc = 16,19) за счет интенсивного накопления комплекса металлов. Сделан вывод о мозаичном характере загрязнения района, обусловленном сочетанием природных факторов аридной зоны и локального антропогенного воздействия.

Ключевые слова: эколого-геохимическая оценка, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения, Республика Калмыкия, почвы, аридные ландшафты.

Введение

Проблема прогрессирующего загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (далее по тексту – ТМ) остается одной из наиболее острых и актуальных задач современной экологии и геохимии ландшафтов. Накапливаясь в различных компонентах биосферы, тяжелые металлы проявляют высокую токсичность, практически не подвергаются биологическому разложению и способны активно мигрировать по трофическим цепям, создавая серьезную угрозу для жизнеспособности живых организмов и человека [1]. Ключевым звеном, регулирующим потоки этих химических элементов в биогеоценозах, выступает почвенный покров, который выполняет функции как главного депонирующего резервуара, так и источника вторичного загрязнения сопредельных сред. Естественное формирование микроэлементного состава почв исторически обусловлено комплексом природных факторов: геохимическими характеристиками материнских почвообразующих пород, климатическими условиями, типом водного режима и интенсивностью процессов гумусообразования, что особенно наглядно прослеживается в специфических условиях аридных, степных и полупустынных ландшафтов, где закрепление элементов часто контролируется высокой окарбоначенностью и засоленностью [2-3]. Однако на фоне возрастающей антропогенной нагрузки – развития промышленных агломераций, расширения автотранспортной сети, функционирования оросительных систем и химизации сельского хозяйства – происходит резкая трансформация естественного биогеохимического фона. Техногенное воздействие приводит к локальному накоплению в поверхностных горизонтах почв валовых и высокотоксичных подвижных форм таких приоритетных загрязнителей, как

свинец, цинк, медь, кадмий и никель [4-5]. В этой связи особую научную и практическую значимость приобретает изучение механизмов транслокации ТМ в системе «почва – растение». Растения, являясь важной составной частью живого вещества и природными индикаторами состояния среды, обладают избирательной способностью к биогенной аккумуляции элементов. Степень биологического поглощения поллютантов строго зависит от физико-химических свойств почвы, реакции среды (pH), а также от видоспецифических физиологических особенностей растений, которые в условиях техногенеза могут выступать как активными накопителями токсикантов, так и выстраивать мощные физиологические барьеры на пути их миграции в ассимилирующие органы [6-7]. Глубокое понимание закономерностей пространственного распределения, трансформации и закрепления подвижных форм тяжелых металлов критически необходимо для объективного эколого-геохимического мониторинга урбанизированных и сельскохозяйственных территорий. Кроме того, эти знания служат фундаментальной базой для разработки экологически безопасных методов ремедиации деградированных земель, включая фитоэкстракцию и применение комплексных органических мелиорантов, способных надежно связывать ионы тяжелых металлов в труднодоступные для биологического круговорота хелатные комплексы, тем самым снижая экологические риски для биоты [8].

Настоящая работа является продолжением цикла исследований, направленных на создание детальной эколого-геохимической карты селитебных территорий Республики Калмыкия. Ранее нами был проведен мониторинг Малодербетовского [9] и Сарпинского районов, где были выявлены специфические закономерности миграции поллютантов в условиях аридного ландшафта. Черноземельский район расположен в юго-восточной части Республики Калмыкия. Район граничит: на севере – с Яшкульским районом, на западе – с Ики-Бурульским районом, на юге – со Ставропольским краем и Республикой Дагестан, на востоке – с Лаганским районом и Астраханской областью. Территория представляет собой аккумулятивную равнину со слабо выраженным уклоном к Каспийскому морю, сформированную преимущественно морскими и континентальными (аллювиальными, эоловыми) отложениями, перекрывающими древний кристаллический фундамент [10-12]. Специфика засушливого резко континентального климата в сочетании с легким гранулометрическим составом пород (барханные и бугристые пески) обуславливает высокую уязвимость естественных ландшафтов к процессам дефляции, засоления и опустынивания. В этих хрупких аридных условиях естественный биогеохимический фон подвергается резкой трансформации под воздействием антропогенной нагрузки. Локальное техногенное воздействие, связанное с функционированием населенных пунктов (бытовые выбросы, автотранспорт, развитие инфраструктуры), приводит к интенсивному концентрированию высокотоксичных форм ТМ в поверхностных горизонтах почв. Поскольку почвы селитебных территорий непосредственно контактируют с населением и вовлекаются в локальные пищевые цепи, глубокое понимание закономерностей пространственного распределения и закрепления тяжелых металлов критически необходимо для объективной оценки экологических и санитарно-эпидемиологических рисков. Полученные данные также служат фундаментальной базой для разработки экологически безопасных методов ремедиации деградированных земель.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были использованы почвы населенных пунктов Черноземельского района, где проводился мониторинг экологического состояния земель. Отбор почвенных образцов осуществлялся с глубины 0-20 см в различных функциональных зонах — в центре поселения, на его окраине и на фоновом расстоянии 500 метров. Точками отбора проб послужили территории следующих сельских муниципальных образований: Адыковское, Артезианское, Ачинеровское, Комсомольское, Кумское, Нарынхудукское, Прикумское, Сарульское, включающих 35 населенных пунктов. На рисунке 1 представлены координаты мест отбора почвенных образцов.

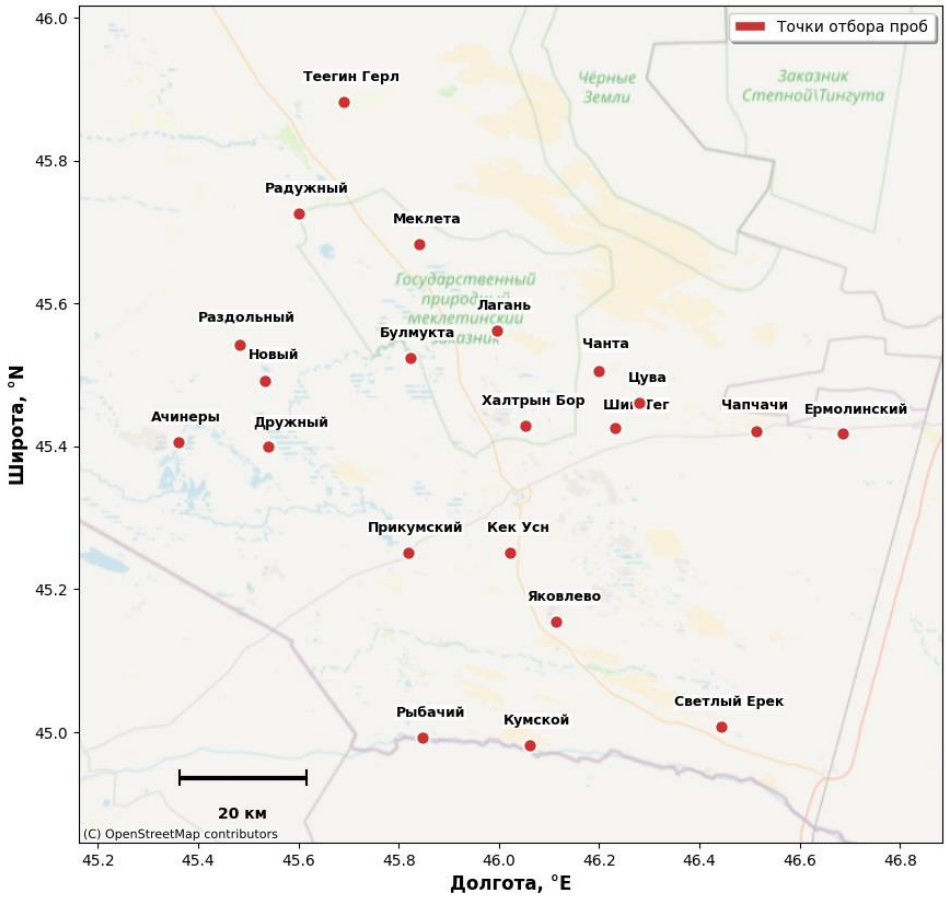

Рисунок 1 – Координаты мест отбора почвенных образцов

Лабораторно-аналитические исследования включали: определение валового содержания ТМ (As, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, V, Sr) и оксидов макроэлементов – рентгенофлуоресцентным методом (спектрометр «Спектроскан Макс-GV»). Гранулометрический состав определяли пипеточным методом по Н.А. Качинскому с пирофосфатной подготовкой проб. Содержание органического углерода устанавливали методом И.В. Тюрина в модификации Симакова, pH измеряли потенциометрически, каталазу измеряли газометрическим методом.

Для оценки уровня химического загрязнения почв использовались коэффициент техногенной концентрации (Kc) и суммарный показатель загрязнения (Zc) по методике Ю.Е. Саета и др. [13]. В качестве эталона сравнения использовались кларки почв селитебных ландшафтов [14] и локальные фоновые значения. Подробный алгоритм расчетов, обоснование выбора фоновых значений и критерии экологического нормирования, применяемые в рамках данного мониторинга, детально изложены в нашей работе, посвященной почвам Малодербетовского района [9].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с использованием стандартного пакета программ Microsoft Excel 2019 и Statistica 12.0. Для выявления взаимосвязей между агрохимическими показателями почв и их биологической активностью применяли корреляционный анализ с расчетом линейного коэффициента корреляции Пирсона (r). Оценка статистической значимости различий средних величин и достоверности коэффициентов корреляции осуществлялась при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Реакция почвенной среды во всех обследованных пунктах варьирует от слабощелочной до щелочной, значения pH находятся в диапазоне 7,67-8,33, что типично для зональных бурых полупустынных почв и солонцовых комплексов, преобладающих в районе (рис. 2).

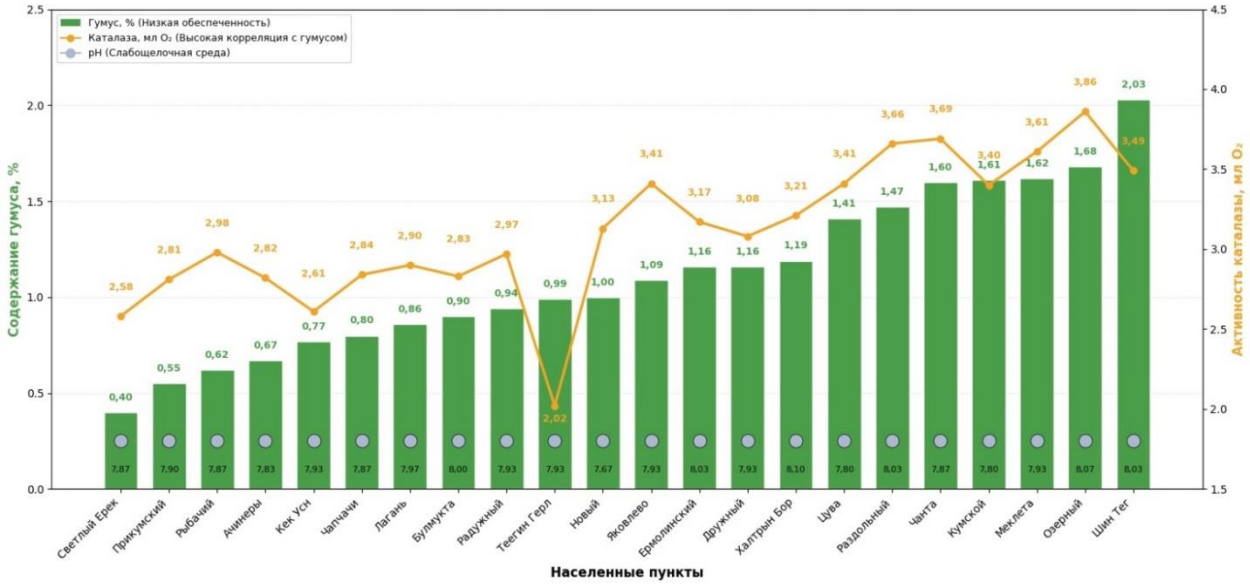

Рисунок 2 – Содержание органических веществ в почве, pH и каталазная активность

Обеспеченность органическим веществом оценивается как низкая: содержание гумуса колеблется от 0,40 % в почвах п. Светлый Ерек до 2,03 % в п. Шин Тег, при этом среднее значение по району составляет около 1,1 %, что отражает низкий потенциал гумусообразования в условиях дефицита влаги и разреженного растительного покрова. Важнейшим показателем биологического здоровья почв выступает активность каталазы, которая демонстрирует высокую чувствительность к содержанию органики. Корреляционный анализ подтвердил наличие достоверной положительной связи (r = 0,63) между гумусированностью и ферментативной активностью. Так, максимальные показатели каталазы зафиксированы в п. Озерный, в то время как минимальная активность отмечена в низкогумусных солонцах п. Теегин Герл. Полученные данные свидетельствуют о том, что даже в экстремальных климатических условиях органическое вещество остается ключевым фактором, поддерживающим биохимический гомеостаз и буферную способность почв.

Анализ гранулометрического состава почв селитебных территорий Черноземельского района показал, что преобладающими разностями являются супеси и связанные пески (рис. 3).

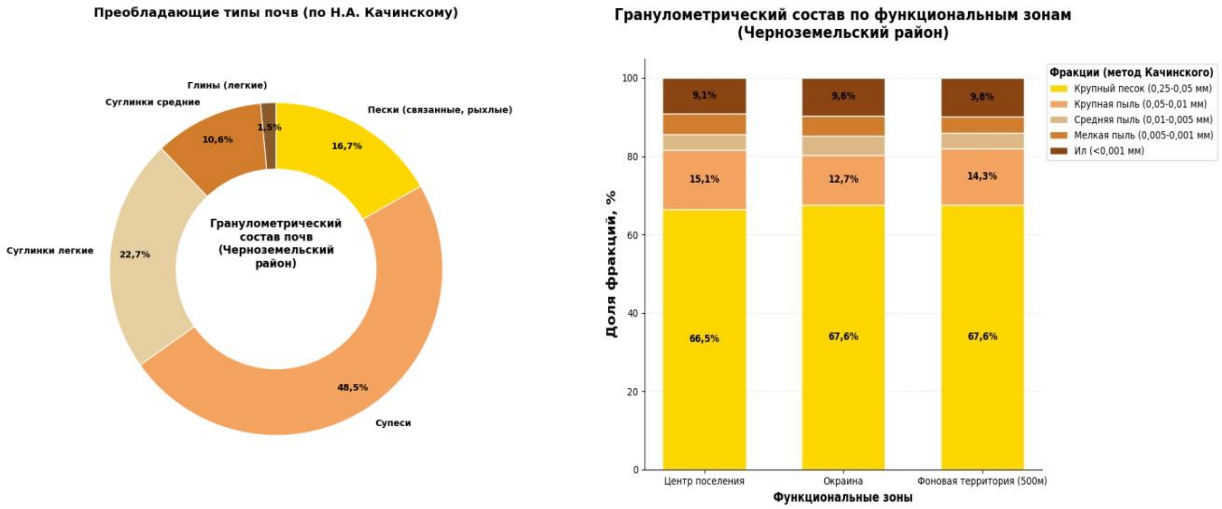

Рисунок 3 – Гранулометрический состав почв Черноземельского района, 0-20 см

Гранулометрический состав почв селитебных территорий Черноземельского района характеризуется высокой пространственной неоднородностью, однако общей доминирующей

чертой является абсолютное преобладание песчаных фракций (размерности 0,25-0,05 мм). В частности, в таких населенных пунктах, как Озерный, Лагань и Ачинеры, доля песка в поверхностном горизонте достигает 75-89 %, что позволяет классифицировать их как связные пески и легкие супеси. Причины такого распределения кроются в геоморфологической истории региона: территория представляет собой осушившееся дно раннехвалынского бассейна Каспийского моря, перекрытое мощной толщей эоловых и морских отложений. Интенсивные ветровые нагрузки (дефляция) в условиях аридного климата способствуют постоянному выносу тонкодисперсных пылеватых и илистых частиц за пределы ландшафта, оставляя более тяжелый песчаный «скелет». Лишь в отдельных локациях (например, на окраине п. Шин Тег) зафиксировано аномальное утяжеление механического состава с резким ростом илистой фракции (до 60 %), что, скорее всего, связано с формированием микропонижений, аккумулирующих мелкодисперсный материал со стоковыми водами населенного пункта.

Анализ микро- и макроэлементного состава почв урбанизированных территорий Черноземельского района полностью подтверждает выводы, полученные при оценке гранулометрии (рис. 4).

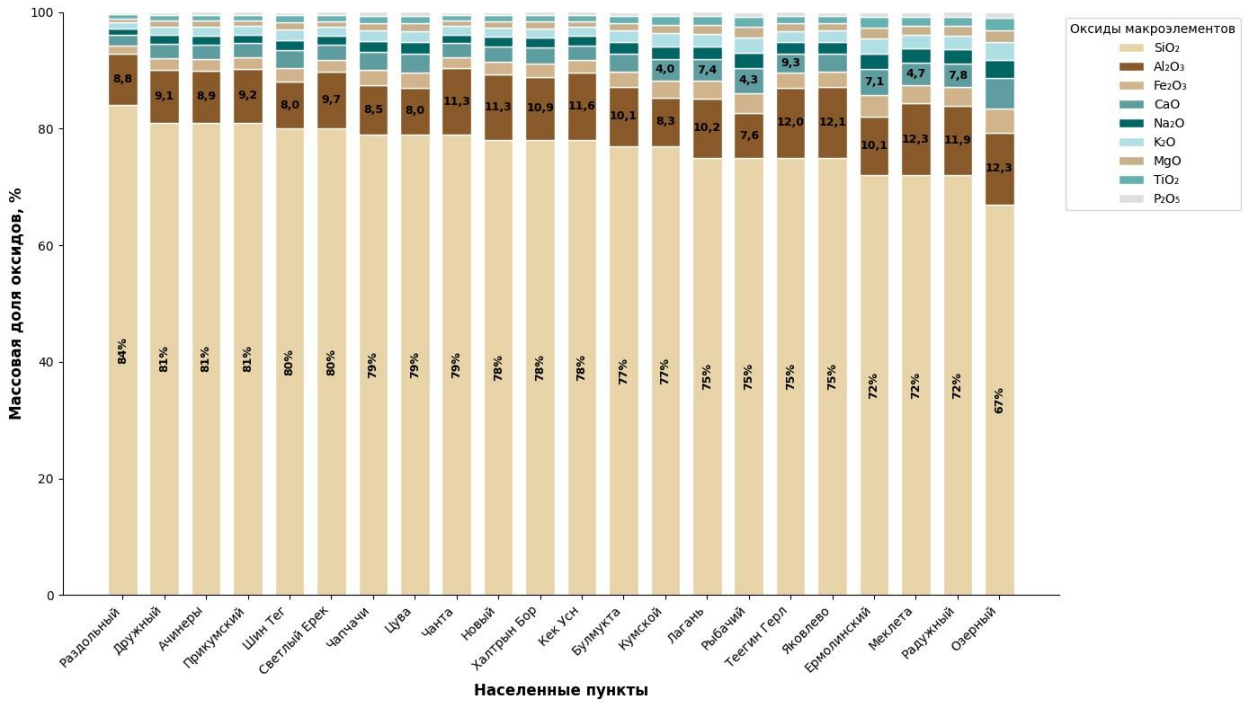

Рисунок 4 – Макроэлементный состав почв Черноземельского района

Абсолютным доминантом минералогической матрицы выступает диоксид кремния, массовая доля которого варьирует в пределах 55-75 %. При этом содержание оксидов алюминия и железа, являющихся индикаторами присутствия глинистых минералов, остается на стабильно низком уровне (в среднем 9,5 % и 2,5 % соответственно). Данная макроэлементная специфика имеет прямую и определяющую связь с процессами аккумуляции тяжелых металлов. В классическом почвоведении глинистые минералы и органическое вещество выступают главными сорбентами токсикантов. Однако в почвах Черноземельского района физическая сорбционная емкость критически снижена из-за дефицита Al_2O_3 и гумуса. В этих условиях защитную функцию берут на себя химические барьеры. Обращает на себя внимание повышенная доля оксидов кальция (до 8-12 % в ряде поселков) и натрия (до 2,8 %), что свидетельствует об интенсивном развитии солонцового и карбонатного процессов, усугубляемых хозяйственной деятельностью человека (полив приусадебных участков минерализованной водой, строительные отходы). Именно высокая карбонатность и стабильно

щелочная реакция среды (pH > 7,8) выступают мощным геохимическим барьером. Они переводят поступающие от автотранспорта и котельных тяжелые металлы (в первую очередь хром, цинк и медь, а также природный стронций) в труднорастворимые гидроксидные и карбонатные формы. Таким образом, несмотря на песчаный «промывной» характер почв, макроэлементная (щелочная) специфика селитебных ландшафтов способствует жесткой фиксации тяжелых металлов в верхнем, 20-сантиметровом горизонте, формируя локальные техногенные аномалии.

Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова селитебных территорий Черноземельского района, проведенная на основе анализа валового содержания микроэлементов, представлена на рисунке 5.

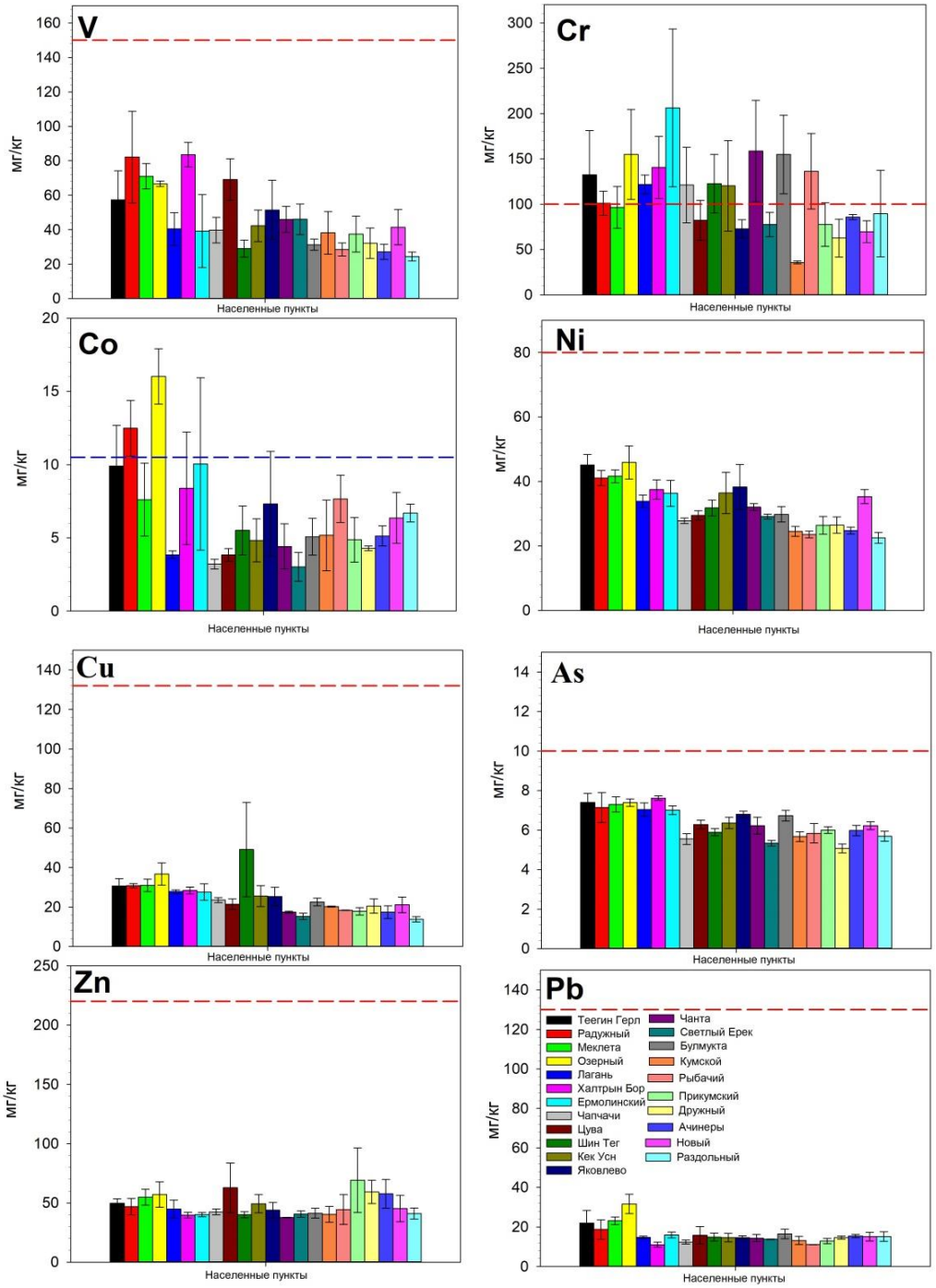

Рисунок 5 – Концентрации ТМ в почвах Черноземельского района

Анализ пространственного распределения тяжелых металлов позволил выявить специфические особенности их аккумуляции, жестко детерминированные физико-химическими свойствами почв Черноземельского района и их макроэлементным составом. В условиях экстрааридного климата региона геохимическая обстановка формируется на фоне доминирования песчаных фракций (доля SiO_2 стабильно превышает 65-70 %) и экстремально низкой обеспеченности почв органическим веществом (содержание гумуса в среднем составляет всего около 1,1 %). При таком остром дефиците органических сорбентов и тонкодисперсной физической глины (низкие значения Al_2O_3 и Fe_2O_3), которые традиционно выступают главными поглотителями поллютантов, механизмы удержания тяжелых металлов в поверхностном селитебном горизонте приобретают иную, хемогенную природу.

Ключевую роль в связывании поллютантов здесь начинают играть минералогические геохимические барьеры. Ярко выраженное накопление стронция и ряда других элементов в почвах изученных населенных пунктов напрямую коррелирует со спецификой материнских пород – повышенным содержанием кальция и натрия. Формирующийся в профиле мощный карбонатно-солонцовый иллювиальный барьер препятствует вымыванию элементов (в частности, химических аналогов кальция) вглубь профиля, приводя к их концентрированию в верхних 20 сантиметрах. Кроме того, характерная для почв района устойчивая щелочная реакция среды (pH 7,6-8,1) резко снижает миграционную подвижность большинства тяжелых металлов, способствуя их осаждению даже при минимальном участии органического вещества.

Для получения обобщенной характеристики техногенной нагрузки на селитебные ландшафты был рассчитан Zc, учитывающий аддитивное воздействие всего комплекса поллютантов. Результаты расчетов свидетельствуют о том, что экологическая ситуация в абсолютном большинстве населенных пунктов (96 % обследованных точек) классифицируется как допустимая ($Zc < 16$). Значения показателя варьируют в широком диапазоне: от минимальных 1,14-1,31 в фоновых условиях пп. Раздольный, Халтрын Бор и Лагань до пограничных значений 8,00-8,80 в пп. Прикумский, Яковлево и Чанта. Специфика загрязнения в этих пунктах определяется полиэлементным составом ассоциаций, где ведущую роль играют природно-обусловленные аккумуляции кобальта, ванадия и хрома в сочетании с техногенным цинком и свинцом (табл. 1).

Таблица 1 – Суммарный показатель загрязнения (Zc) почв селитебных территорий

Место отбора	Zc	Уровень опасности	Основные элементы, формирующие Zc (по убыванию Kc)
1	***2***	***3***	***4***
п. Радужный, центр	5,14	Допустимый	Zn, Pb, Cu
п. Радужный, край	6,73	Допустимый	V, Pb, As, Cr, Zn
п. Меклета, центр	3,06	Допустимый	Cr, Cu, Zn, Ni, As
п. Меклета, край	2,72	Допустимый	Zn, Co, Cu, Sr, Cr
п. Озерный, центр	2,92	Допустимый	Zn, Pb, Cu, Ni
п. Озерный, край	3,42	Допустимый	Pb, Cu, Ni, Zn
п. Лагань, центр	1,25	Допустимый	Ni, Cr, Co
п. Лагань, край	1,27	Допустимый	Ni, Cu
п. Халтрын Бор, край	1,31	Допустимый	Cu, Zn, Sr
п. Ермолинский, центр	16,19	Умеренно опасный	V, Co, Sr, Cu, Ni, Pb, Zn
п. Ермолинский, край	4,51	Допустимый	V, Pb, Co, Cu, Ni, Sr
п. Чапчачи, центр	1,24	Допустимый	Co, Cr, As, Ni
п. Чапчачи, край	2,33	Допустимый	Cr, Co, Zn
п. Цува, центр	3,01	Допустимый	Pb, Zn, As, Sr
п. Цува, край	3,88	Допустимый	Zn, Co, Pb, Sr, As
п. Шин Тег, центр	2,32	Допустимый	Pb, V, Co, Ni, Sr, As
п. Шин Тег, край	6,35	Допустимый	Cu, Co, As, Ni, Cr
п. Кек Усн, центр	2,18	Допустимый	Zn, Ni, V, Cu
п. Кек Усн, край	4,48	Допустимый	V, Cu, Ni, Zn, Co
п. Яковлево, центр	2,48	Допустимый	Cu, V, Ni, Sr, Cr)

1	*2*	*3*	*4*
п. Яковлево, край	8,64	Допустимый	Co, V, Cu, Ni, Cr, Zn
п. Чанта, центр	5,09	Допустимый	Co, Cr, As, Ni
п. Чанта, край	3,80	Допустимый	Co, V, Cu, As, Ni
п. Светлый Ерек, центр	1,70	Допустимый	V, Pb, Sr
п. Светлый Ерек, край	2,17	Допустимый	Cr, Co, Sr
п. Булмукта, центр	2,37	Допустимый	Pb, V, Ni, Sr
п. Булмукта, край	2,29	Допустимый	Pb, Cu, Cr, Sr
п. Кумской, центр	3,73	Допустимый	V, Pb, Zn, Ni, As
п. Кумской, край	1,78	Допустимый	Co, As, Sr
п. Рыбачий, центр	2,15	Допустимый	Zn, Pb, Cu
п. Рыбачий, край	3,36	Допустимый	Cr, V, Co, Sr
п. Прикумский, центр	8,00	Допустимый	Zn, V, Cr, Sr, Pb, Ni
п. Прикумский, край	5,25	Допустимый	V, Co, Cr, Pb, Ni, Zn
п. Дружный, центр	2,17	Допустимый	V, Zn, Pb, Sr
п. Дружный, край	3,89	Допустимый	V, Zn, Pb, Sr
п. Ачинеры, центр	4,08	Допустимый	Cu, Zn, Co, V, Sr, Ni
п. Ачинеры, край	3,96	Допустимый	Zn, Cu, Co, Pb, Sr
п. Новый, центр	1,64	Допустимый	Zn, Pb
п. Новый, край	2,04	Допустимый	Co
п. Раздольный, центр	1,14	Допустимый	As, Sr
п. Раздольный, край	1,59	Допустимый	Zn, Cu

Единственной зоной экологического риска, где уровень загрязнения достигает категории «умеренно опасная» (Zc = 16-32), является центр поселка Ермолинский (Zc = 16,19). Формирование данной геохимической аномалии обусловлено мощным накоплением широкого спектра элементов: ванадия (Kc = 8,7), кобальта (Kc = 6,0), а также стронция, меди и никеля. Столь высокие коэффициенты концентрации на фоне низких фоновых значений указывают на наличие локального источника загрязнения, требующего идентификации. Также обращает на себя внимание окраина п. Шин Тег (Zc = 6,35), где, несмотря на формально допустимый уровень, зафиксирован интенсивный привнос меди (Kc = 3,8) и кобальта (Kc = 2,6). Таким образом, несмотря на в целом благоприятную обстановку, территория района характеризуется мозаичностью загрязнения, обусловленной наложением антропогенного фактора на природные геохимические провинции.

Выводы

Проведенная комплексная эколого-геохимическая оценка почв селитебных территорий Черноземельского района Республики Калмыкия показала, что состояние почвенного покрова формируется под воздействием сложных природных и антропогенных факторов, типичных для аридных ландшафтов. Изученные почвы, представленные преимущественно супесями и песками, характеризуются слабощелочной и щелочной реакцией среды, а также низким содержанием органического вещества. Выявленная прямая корреляционная зависимость между содержанием гумуса и ферментативной активностью каталазы подчеркивает определяющую роль органики в поддержании биологического здоровья, биохимического гомеостаза и буферной способности почв региона в условиях засушливого климата.

Анализ валового содержания макро- и микроэлементов выявил выраженную геохимическую специфику территории. Характерной особенностью исследованных почв является повсеместное, вероятно, природно-обусловленное превышение ориентировочно допустимых концентраций по мышьяку и никелю, а также значительное, сильно варьирующее пространственное накопление хрома. На фоне этого высокого природного фона в границах населенных пунктов фиксируются локальные техногенные аномалии с повышенным содержанием цинка и меди, а также специфические зоны аккумуляции стронция (п. Рыбачий) и кобальта.

Несмотря на выявленные превышения гигиенических нормативов по отдельным тяжелым металлам, расчет суммарного показателя загрязнения (Zc) свидетельствует о том, что

экологическая ситуация в абсолютном большинстве населенных пунктов (96 % исследованных участков) классифицируется как допустимая и является в целом благоприятной. Единственной локальной зоной экологического риска с умеренно опасным уровнем техногенной нагрузки признана центральная часть п. Ермолинский, что требует дальнейшей идентификации источника загрязнения. Таким образом, геохимическая обстановка селитебных территорий Черноземельского района носит ярко выраженный мозаичный характер, который обусловлен наложением точечного антропогенного фактора на специфические природные геохимические провинции, что необходимо учитывать при организации регионального экологического мониторинга.

Список литературы

1. Сангаджиева Л.Х., Сангаджиева О.С., Даваева Ц.Д., Ходыков В.П., Бадмаева З.Б. Тяжелые металлы в компонентах ландшафтов Калмыкии // Юг России: экология, развитие. 2010. № 1. С. 156-161.

2. Дегтярева Т.В. Формирование микроэлементного состава почв Ставропольского края под воздействием процессов переувлажнения // Наука. Инновации. Технологии. 2025. № 2. С. 41-60. DOI: 10.37493/2308-4758.2025.2.2.

3. Чимитдоржиева Г.Д., Бодеева Е.А., Чимитдоржиева Э.О. Тяжелые металлы в почвах степных экосистем Западного Забайкалья // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 2 (91). С. 62-70. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-2-62-70.

4. Сальник Н.В., Корбань В.А., Горбов С.Н., Козырев Д.А. Распределение тяжелых металлов и их миграция в системе почва - растение на примере парка Н. Островского города Ростова-на-Дону // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2023. № 4 (220). С. 126-136. DOI: 10.18522/1026-2237-2023-4-126-136.

5. Сангаджиева О.С., Сохорова З.В., Бочкаев С.Л., Даваева Ц.Д., Аржанова С.Э., Сангаджиева Л.Х., Джабруева Л.В. Распределение тяжелых металлов и металлоидов в почвах Кумо-Манычской впадины // Естественные науки. 2024. № 3. С. 1169-1174. DOI: 10.24412/cl-37200-2024-1169-1174.

6. Семенова В.В., Анатов Д.М. Накопление тяжелых металлов растениями рода Achillea L. в засушливых условиях равнинной зоны Дагестана // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 99-106. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-99-106.

7. Лицуков С.Д., Акинчин А.В. Транслокация тяжелых металлов в системе почва-растение. Белгород: Изд-во БелГСХА, 2013. 201 с.

8. Байназарова Т.Б., Акбасова А.Д., Саинова Г.А., Сарбаева К.Т. Влияние вермикомпоста на трансформацию и транслокацию тяжелых металлов в грунтах и в системе «почва-растение» // Почвоведение и агрохимия. 2025. № 1. С. 28-38. DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_28.

9. Булуктаев А.А., Адьянова А.Б., Шерстнев А.К., Гончарова Л.Ю., Манджиева С.С. Содержание тяжелых металлов в селитебных территориях Малодербетовского района Республики Калмыкия // Живые и биокосные системы. 2025. № 54. DOI: 10.18522/2308-9709-2025-54-3.

10. Бакинова Т.И., Дудаков Н.К., Воробьева Н.П. Почвы Калмыкии. Элиста: АПП Джангар, 1996. 120 с.

11. Джиджиков В.Н., Степанец И.Т., Шарапов Б.Д. Почвы Калмыкии и пути их освоения. Элиста: Калм. кн. изд-во, 1972. 66 с.

12. Ташнинова Л.Н. Красная книга почв и экосистем Калмыкии. Элиста: АПП Джангар, 2000. 213 с.

13. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 1990. 335 с.

14. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2013. 380 с.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 19.03.2026
Принята к публикации 15.06.2026

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE SOIL CONDITION IN RESIDENTIAL AREAS OF THE CHERNOZEMELSKY DISTRICT OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

***A. Buluktaev[1], A. Adianova[1], L. Goncharova[2], A. Sherstnev[2], S. Mandzhieva[1]**

[1]Kalmyk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Russia, Elista
[2]D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology of the Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don
e-mail: *buluktaev89@mail.ru

The article presents the results of a comprehensive assessment of the ecological and geochemical state of soils in the residential areas of the Chernozemelsky District, Republic of Kalmykia. The physicochemical properties, enzymatic activity (catalase), granulometric and gross elemental composition of the dominant soil types (brown semi-desert soils, saline, and sands) in 19 settlements were studied. It was found that the soils are characterized by a slightly alkaline and alkaline reaction of the medium, as well as a low humus content (on average 1.1 %), which positively correlates with catalase activity. Sandy loams and sands predominate in the granulometric composition. Based on the analysis of heavy metal concentrations, the total pollution index (Zc) was calculated. It is shown that the absolute majority of the studied territories (96 %) are characterized by an acceptable level of technogenic load. A local geochemical anomaly has been identified in the center of the Yermolinsky settlement, where the pollution level is classified as moderately dangerous (Zc = 16.19) due to the intensive accumulation of a metal complex. It is concluded that the mosaic nature of the district's pollution is caused by a combination of natural factors of the arid zone and local anthropogenic impact.

Key words: ecological and geochemical assessment, heavy metals, total pollution index, Republic of Kalmykia, soils, arid landscapes.

References

1. Sangadzhieva L.Kh., Sangadzhieva O.S., Davaeva Ts.D., Khodykov V.P., Badmaeva Z.B. Tyazhelye metally v komponentakh landshaftov Kalmykii. Yug Rossii: ekologiya, razvitie. 2010. N 1. S. 156-161.

2. Degtyareva T.V. Formirovanie mikroelementnogo sostava pochv Stavropol'skogo kraya pod vozdeistviem protsessov pereuvlazhneniya. Nauka. Innovatsii. Tekhnologii. 2025. N 2. S. 41-60. DOI: 10.37493/2308-4758.2025.2.2.

3. Chimitdorzhieva G.D., Bodeeva E.A., Chimitdorzhieva E.O. Tyazhelye metally v pochvakh stepnykh ekosistem Zapadnogo Zabaikal'ya. Aridnye ekosistemy. 2022. T. 28. N 2 (91). S. 62-70. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-2-62-70.

4. Sal'nik N.V., Korban' V.A., Gorbov S.N., Kozyrev D.A. Raspredelenie tyazhelykh metallov i ikh migratsiya v sisteme pochva - rastenie na primere parka N. Ostrovskogo goroda

Rostova-na-Donu. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seriya: Estestvennye nauki. 2023. N 4 (220). S. 126-136. DOI: 10.18522/1026-2237-2023-4-126-136.

5. Sangadzhieva O.S., Sokhorova Z.V., Bochkaev S.L., Davaeva Ts.D., Arzhanova S.E., Sangadzhieva L.Kh., Dzhabrueva L.V. Raspredelenie tyazhelykh metallov i metalloidov v pochvakh Kumo-Manychskoi vpadiny. Estestvennye nauki. 2024. N 3. S. 1169-1174. DOI: 10.24412/cl-37200-2024-1169-1174.

6. Semenova V.V., Anatov D.M. Nakoplenie tyazhelykh metallov rasteniyami roda Achillea L. v zasushlivykh usloviyakh ravninnoi zony Dagestana. Aridnye ekosistemy. 2022. T. 28. N 1 (90). S. 99-106. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-99-106.

7. Litsukov S.D., Akinchin A.V. Translokatsiya tyazhelykh metallov v sisteme pochva-rastenie. Belgorod: Izd-vo BelGSKHA, 2013. 201 s.

8. Bainazarova T.B., Akbasova A.D., Sainova G.A., Sarbaeva K.T. Vliyanie vermikomposta na transformatsiyu i translokatsiyu tyazhelykh metallov v gruntakh i v sisteme "pochva-rastenie". Pochvovedenie i agrokhimiya. 2025. N 1. S. 28-38. DOI: 10.51886/1999-740X_2025_1_28.

9. Buluktaev A.A., Ad'yanova A.B., Sherstnev A.K., Goncharova L.Yu., Mandzhieva S.S. Soderzhanie tyazhelykh metallov v selitebnykh territoriyakh Maloderbetovskogo raiona Respubliki Kalmykiya. Zhivye i biokosnye sistemy. 2025. N 54. DOI: 10.18522/2308-9709-2025-54-3.

10. Bakinova T.I., Dudakov N.K., Vorob'eva N.P. Pochvy Kalmykii. Elista: APP Dzhangar, 1996. 120 s.

11. Dzhidzhikov V.N., Stepanets I.T., Sharapov B.D. Pochvy Kalmykii i puti ikh osvoeniya. Elista: Kalm. kn. izd-vo, 1972. 66 s.

12. Tashninova L.N. Krasnaya kniga pochv i ekosistem Kalmykii. Elista: APP Dzhangar, 2000. 213 s.

13. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P., Smirnova R.S., Basharkevich I.L., Onishchenko T.L., Pavlova L.N., Trefilova N.Ya., Achkasov A.I., Sarkisyan S.Sh. Geokhimiya okruzhayushchei sredy. Moskva: Nedra, 1990. 335 s.

14. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. Khimicheskie elementy v geokhimicheskikh sistemakh. Klarki pochv selitebnykh landshaftov. Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2013. 380 s.

Сведения об авторах:

Булуктаев Алексей Александрович

К.б.н., старший научный сотрудник лаборатории химико-экологических исследований, Калмыцкий научный центр Российской академии наук

ORCID 0000-0002-2329-465X

Buluktaev Aleksey

Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Chemical and Ecological Research, Kalmyk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Адьянова Алтана Бадмаевна

Младший научный сотрудник лаборатории химико-экологических исследований, Калмыцкий научный центр Российской академии наук

ORCID 0000-0002-9671-562X

Adianova Altana

Junior Researcher, Laboratory of Chemical and Ecological Research, Kalmyk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Гончарова Людмила Юрьевна

К.с.-х.н., доцент, академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет

ORCID 0000-0003-4295-1632

Goncharova Lyudmila
Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University

Шерстнев Алексей Константинович
Старший преподаватель академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского, Южный федеральный университет
ORCID 0000-0002-7079-8930
Sherstnev Aleksey
Senior Researcher D.I. Ivanovsky Academy of Biology and Biotechnology, Southern Federal University

Манджиева Саглара Сергеевна
К.б.н., старший научный сотрудник отдела комплексного мониторинга и информационных технологий, Калмыцкий научный центр Российской академии наук
ORCID 0000-0001-6000-2209
Mandzhieva Saglara
Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Chemical and Ecological Research, Kalmyk Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

Для цитирования: Булуктаев А.А., Адьянова А.Б., Гончарова Л.Ю., Шерстнев А.К., Манджиева С.С. Эколого-геохимическая оценка состояния почв селитебных территорий Черноземельского района Республики Калмыкия // Вопросы степеведения. 2026. № 2. С. 19-30. DOI: 10.24412/2712-8628-2026-2-19-30