

DOI 10.31029/vestdnc95/6

УДК 631.416.8(470.67)

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВ ПРИСУЛАКСКОЙ НИЗМЕННОСТИ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Д. С. Азиева¹, ORCID: 0000-0002-4676-0043

А. З. Шихалиев¹, ORCID: 0009-0002-4050-6236

А. Б. Биарсланов^{1,2}, ORCID: 0000-0001-5814-2587

¹Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского
федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия

²Дагестанский государственный университет, Махачкала, Россия

THE EXPERIENCE OF STUDYING THE SOILS OF THE SULAK LOWLAND FOR HEAVY METAL CONTENT

D. S. Azieva¹, ORCID: 0000-0002-4676-0043

A. Z. Shikhaliev¹, ORCID: 0009-0002-4050-6236

A. B. Biarslanov^{1,2}, ORCID: 0000-0001-5814-2587

¹Precaspian Institute of Biological Resources of the
Daghestan Federal Research Centre of RAS, Makhachkala, Russia

²Daghestan State University, Makhachkala, Russia

Аннотация. В работе приведены данные исследования валового содержания тяжелых металлов в почвах Присулакской низменности. Исследования проводились одним из наиболее распространенных методов контроля тяжелых металлов – атомно-абсорбционной спектрометрии. В исследованных почвах Zn и Cd не обнаружены, единичный случай – на луговых почвах на глубине 5–15 см содержание Zn составляет 8,05 мг/кг. Выявлено, что содержание валовых форм тяжелых металлов в корнеобитаемых горизонтах изученных почв достаточно невысоки и различаются в зависимости от типа почв. Установлено, что в ряду тяжелых металлов наибольшие значения содержания у марганца. Для луговых солончаковых почв характерна высокая концентрация марганца 155,0–179,7 мг/кг, причем этот же элемент в светло-каштановых почвах составляет 25,47–54,30 мг/кг и лугово-каштановых 85–96,56 мг/кг. Исследование показало, что концентрация тяжелых металлов в светло-каштановой почве убывает в следующем ряду: Mn > Ni > Pb > Cu > Co, в луговой солончаковой почве Mn > Zn > Ni > Cu > Pb > Co, в лугово-каштановой почве Mn > Ni > Pb > Cu > Co. В результате установлено, что загрязнение почвенного покрова по показателям тяжелых металлов не превышает предельно допустимых концентраций.

Abstract. The paper presents data on the study of the gross content of heavy metals in the soils of the Sulak lowland. The research has been carried out by one of the most common methods of monitoring heavy metals – the atomic absorption spectrometry. No Zn and Cd have been found in the studied soils, and a single case occurred in the meadow soils at the depth of 5–15 cm. The Zn content is 8.05 mg/kg. It is revealed that the content of gross forms of heavy metals in the root horizons of the studied soils is quite low and varies depending on the type of the soil. It has been established that manganese has the highest content among heavy metals. Meadow salt marsh soils are characterized by high concentration of manganese 155.0–179.7 mg/kg, and the same element in the light chestnut soils is 25.47–54.30 mg/kg and meadow chestnut - 85–96.56 mg/kg. The study shows that the concentration of heavy metals in the light chestnut soil decreases in the following order: Mn > Ni > Pb > Cu > Co, in the meadow salt marsh soil Mn > Zn > Ni > Cu > Pb > Co, in the meadow chestnut soil Mn > Ni > Pb > Cu > Co. As a result, it has been found that the soil contamination in terms of heavy metals does not exceed the maximum permissible concentrations.

Ключевые слова: Присулакская низменность, тяжелые металлы (ТМ), валовое содержание, предельно допустимые концентрации (ПДК), почвы, кларки, атомно-адсорбционный анализ.

Keywords: the Sulak lowland, heavy metals, gross content, maximum permissible concentrations, soils, clarks, the atomic adsorption analysis.

Введение

Исследования содержания тяжелых металлов в почвах чрезвычайно важны для оценки и прогнозирования экологических рисков и их влияния на здоровье человека [1]. В Республике Дагестан, по большей части являющейся аграрным регионом, в последнее время стремительно развивается транспортный сектор. Улучшение и строительство новых автомобильных дорог и развязок, направленные на

развитие транспортного коридора Север – Юг, безусловно, сказывается на росте уровня загрязнения окружающей среды. Помимо этого, выбросы промышленных предприятий, энергетика, сжигание отходов, минеральные удобрения, сточные воды, железнодорожный транспорт являются основными источниками поступления в почвенный покров загрязнителей, в том числе и целого комплекса тяжелых металлов, считающихся наиболее токсичными из поллютантов [2]. В этой связи вопрос загрязнения окружающей среды становится весьма актуальным. Предотвращение загрязнения почвы тяжелыми металлами и ее восстановление требуют выявления источника и оценки риска загрязнения тяжелыми металлами [1].

Проведение оценки содержания ТМ по основным типам почв Присулакской низменности весьма актуально для целей природоохранного землепользования. Элементный анализ почв и биологических объектов является важной частью контроля состояния окружающей среды. Загрязнение тяжелыми металлами во многом характеризует степень техногенного воздействия на природу. Многие ТМ обладают высокой биологической активностью и способны накапливаться в природных средах [3]. Одним из распространенных видов антропогенного загрязнения является поступление ТМ в почву. Накапливаясь в почве, токсичные вещества передаются по пищевым цепям биогеоценоза и влияют на все живое. Актуальность проблемы заключается в том, что поступление токсикантов в организм происходит чаще всего по сложной системе: почва – растение – животное – человек [4]. Присутствие токсикантов в пищевых продуктах в количествах, в 2–3 раза превышающих фоновые, нежелательны, а превышающих ПДК – недопустимы [5].

Распределение ТМ по поверхности почвы определяется особенностями источников загрязнения, метеорологическими особенностями региона и геохимическими факторами ландшафтной обстановки в целом [6]. Специфичность почвенного покрова Присулакской низменности обусловлена особенностями почвообразовательного процесса, сопровождающегося накоплением солей в ходе дельтово-пойменных преобразований. Основными, практически неисчерпаемыми источниками солей являются древнекаспийские четвертичные засоленные породы, погребенные современными дельтовыми отложениями [7]. Засоление как экологический фактор, который влияет на миграцию и аккумуляцию тяжелых металлов в растениях, крайне мало изучен [8]. Работ, посвященных исследованию влияния различных факторов на накопление и миграцию тяжелых металлов и их фонового содержания в почвах Республики Дагестан, мало [9].

Целью исследования является определение содержания тяжелых металлов в основных типах почв Присулакской низменности разной степени засоления. Основными задачами является выявление связей содержания ТМ с количественными показателями гумуса, pH и водорастворимых солей.

Объект и методы исследования

Присулакская низменность расположена в пределах реки Терек и города Махачкалы, ограничена полосой предгорий на юге и Каспийским морем на востоке. Климат засушливый, годовое количество осадка колеблется в пределах 350–400 мм. В западной ее части абсолютные высоты составляют 200 м, а в восточной – 27 м. Почвенный покров представлен солончаками луговыми, лугово-каштановыми и светло-каштановыми почвами [6]. Развиты разновидности каштановых почв, встречаются лугово-солончаковые, аллювиально-солончаковые почвы и солончаки. Растительный покров стравлен в виду выпаса крупного рогатого скота и представлен эфемерами и полынью, местами ковылем, солянкой, на одном из ключевых участков встречаются поросли камыша.

Изучение содержания тяжелых металлов проводилось на участках вдоль автомобильных дорог по направлениям Махачкала – Бабаюрт и Махачкала – Кизилюрт на расстоянии 500 м от дорожного полотна, которые используются в качестве пастбищ.

В ходе исследования были заложены пробные площадки, на которых проводился отбор образцов почв по общепринятым методикам [5, 10, 11]. Послойный отбор пробы почвы и подготовку к анализу проводили согласно ГОСТ 17.4.4.02 [12].

Почвенные образцы доводились до воздушно-сухого состояния, измельчались, просеивались через сито диаметром 1 мм, из них отбирались навески массой по 20 г и помещались в маркированные пакеты. Результаты исследования образцов были получены в лаборатории химического факультета ДГУ.

Определение содержания солей почв выполнены по методике водной вытяжки [13]. Анализ содержания тяжелых металлов в почвенных образцах проводили на атомно-адсорбционном спектрометре [14]. Полученные значения сравнивались с нормативными данными – ПДК и региональным фоновым уровнем [15–18].

Полученные данные были статистически обработаны в программе Microsoft Office Excel [19].

Результаты и их обсуждение

Почвенный покров ключевых площадок представлен луговой солончаковой, лугово-каштановой и светло-каштановой почвами. Для луговой солончаковой почвы профиль характеризуется сильной и очень сильной степенями засоления. Сумма солей в целом достигает 0,899–1,964%. Общая щелочность достигает 0,040%. В солевом составе профиля преобладают сульфаты – тип засоления сульфатный ($Cl/SO_4 = 0,08–0,17$). Очень сильной степенью засоления характеризуется верхняя толща, где сумма солей достигает 1,964%, сильной и средней степенью засоления (1,525–0,899%) – нижняя толща. В составе солей повышенная доля хлоридов – тип засоления хлоридно-сульфатный ($Cl/SO_4 = 0,23–0,35$). Наблюдается аккумуляция солей в верхней толще за счет перераспределения солей в профиле. Содержание хлоридов достигает максимума – 5,6 мг/экв в верхней толще (табл. 1).

Лугово-каштановые почвы, как правило, отличаются слабой и средней степенью засоления верхних горизонтов, а в нижележащих отмечается переход в сильную и очень сильную степень засоления. Тип засоления смешанный, в основном хлоридно-сульфатный. Сумма солей в летний период достигает 1,246%, что не является губительным для произрастания пастбищных растений. Дифференциация по степени засоления ясно выражена в верхних горизонтах, при переходе от горизонта А к горизонту В разница возрастает в два раза и составляет 0,698–1,246%. Максимальные значения концентрации в верхнем горизонте хлоридов и сульфатов составляют 4,80 и 14,99% соответственно. В составе солей отмечается довольно высокое содержание магния (Mg^{++}), что связано с его высоким содержанием в грунтовой воде. Максимальное значение ионов магния наблюдается в верхней толще – до 4,5 мг/экв.

Таблица 1. Результаты водной вытяжки луговых почв Присулакской низменности

Глубина, см	Сухой остаток	Сумма солей %	HCO_3^- мг/экв %	Cl^- мг/эк %	SO_4^{2-} мг/эк %	Ca^{2+} мг/эк %	Mg^{2+} мг/эк %	K^+Na^+ мг/экв %
Луговая солончаковая почва								
0–15	1,670	1,964	<u>0,32</u> 0,019	<u>5,60</u> 0,196	<u>21,38</u> 1,026	<u>11,00</u> 0,220	<u>9,00</u> 0,108	<u>17,2</u> 0,395
20–30	1,300	1,525	<u>0,20</u> 0,012	<u>4,40</u> 0,154	<u>19,02</u> 0,913	<u>8,50</u> 0,170	<u>6,50</u> 0,078	<u>8,62</u> 0,198
42–52	0,838	0,899	<u>0,22</u> 0,013	<u>2,60</u> 0,091	<u>11,10</u> 0,532	<u>2,50</u> 0,050	<u>4,50</u> 0,054	<u>6,92</u> 0,159
Лугово-каштановая почва								
0–9	1,246	1,276	<u>0,32</u> 0,019	<u>4,80</u> 0,168	<u>14,99</u> 0,720	<u>14,50</u> 0,290	<u>4,50</u> 0,054	<u>1,11</u> 0,025
17–27	0,698	0,712	<u>0,42</u> 0,025	<u>4,80</u> 0,168	<u>5,72</u> 0,275	<u>0,50</u> 0,010	<u>0,50</u> 0,006	<u>9,94</u> 0,228
40–50	0,640	0,638	<u>0,40</u> 0,024	<u>6,20</u> 0,217	<u>3,85</u> 0,185	<u>2,00</u> 0,040	<u>2,00</u> 0,024	<u>6,45</u> 0,148
Светло-каштановая почва								
0–10	0,113	0,137	<u>0,28</u> 0,017	<u>0,40</u> 0,014	<u>1,37</u> 0,066	<u>0,50</u> 0,010	<u>0,50</u> 0,006	<u>1,05</u> 0,024
17–25	0,209	0,227	<u>0,50</u> 0,030	<u>0,30</u> 0,010	<u>2,48</u> 0,119	<u>1,50</u> 0,030	<u>0,25</u> 0,003	<u>1,53</u> 0,035
45–55	0,586	0,442	<u>0,54</u> 0,033	<u>0,40</u> 0,014	<u>5,424</u> 0,260	<u>1,00</u> 0,020	<u>0,750</u> 0,009	<u>4,614</u> 0,106

Профиль автоморфной светло-каштановой почвы характеризуется преимущественно слабой степенью засоления. Только в летний период за счет перераспределения солей в профиле с 25 см и ниже слабая

степень засоления переходит в среднюю. Сумма сухого остатка солей в летний период достигает 0,137%, что не является губительным для произрастания пастбищных растений. Доля сульфатов в летний период увеличивается. Сумма вредных сернокислых солей составляет до 5,424 мг/экв в горизонте ВС (45–55 см) (табл. 1). Грунтовые воды не оказывают существенного влияния на динамику солей. Летом сухой остаток солей достигает 0,586% ниже 25 см. Выше 25 см сухой остаток 0,113–0,209%. Динамика солей в профиле в основном происходит за счет сульфатов.

При проведении количественного анализа исследованных почв Присулакской низменности на содержание тяжелых металлов установлено, что во всех почвах содержатся марганец, медь, никель, свинец, кобальт. Цинк обнаружен в единичном случае, кадмий не обнаружен (табл. 2).

Таблица 2. Валовое содержание тяжелых металлов в почвах Присулакской низменности

Глубина, см	Горизонт	Гумус, %	pH	Тяжелые металлы, мг/кг						
				Zn	Cd	Ni	Co	Mn	Pb	Cu
Лугово-солончаковая почва										
0–15	A	1,6	7,86	8,05	н.б	2,03	0,92	155,0	1,16	1,59
20–30	B	1,5	7,84	н.б	н.б	2,23	0,95	179,7	1,61	2,96
42–52	C	1,2	7,80	н.б	н.б	1,90	0,87	167,7	1,10	1,57
Лугово-каштановая почва										
0–9	A	2,4	7,86	н.б	н.б	1,77	0,82	96,56	1,72	1,65
17–27	B	1,6	7,60	н.б	н.б	н.б	0,18	1,85	0,05	0,93
40–50	C	1,4	7,56	н.б	н.б	1,46	0,67	76,89	0,69	1,05
Светло-каштановая почва										
0–10	A	1,4	7,85	н.б	н.б	0,82	0,50	50,79	0,20	0,72
17–25	B	1,2	7,78	н.б	н.б	0,45	0,34	25,47	н.б	0,50
45–55	C	0,87	7,68	н.б	н.б	0,65	0,37	54,30	н.б	0,47
ПДК, мг/кг				100	2	85	5	1500	30	55

Цинк обнаружен в верхнем почвенном горизонте при исследовании лугово-солончаковой почвы, его содержание составляет чуть более 8,0 мг/кг. Кларк цинка в почвах составляет 50 мг/кг, а ПДК – 100 мг/кг [18]. Цинк контролирует выработку растениями важных регуляторов роста, стимулирующих их развитие. Недостаток или полное отсутствие цинка угнетает рост растений, включая и листья.

Кадмий не обнаружен в исследуемых почвах, но определение его содержания в почвах имело важное значение, т.к. токсичность кадмия для растений проявляется в нарушении активности ферментов, торможении фотосинтеза, нарушении транспирации, ингибировании восстановления NO_2 до NO , затруднении поступления и метаболизма в растениях ряда элементов питания.

В земной коре уровень содержания никеля составляет 58–75 мг/кг, в почве среднее значение равно 49 мг/кг. ПДК составляет 100 мг/кг. В целом невысокое содержание никеля меняется в зависимости от типа почвы и его гранулометрического состава. Так, например, в легкосуглинистом грунте светло-каштановых почв концентрация никеля колеблется в пределах 1,46–1,82 мг/кг, в луговых солончаковых со среднесуглинистым гранулометрическим составом показатель находится в диапазоне 1,90–2,23 мг/кг, в лугово-каштановых с среднесуглинистым гранулометрическим составом – 0,45–0,85 мг/кг (табл. 2). При большом объеме он серьезно вредит урожайности сельскохозяйственных культур.

Кларк кобальта в почвах составляет 10 мг/кг. ПДК кобальта в почве составляет 50 мг/кг [18]. Содержание кобальта в растениях в первую очередь зависит от наличия в почве его растворимых соединений. Недостаток кобальта в некоторых почвах (менее 2–2,5 мг/кг почвы) приводит к понижению его содержания в растениях. Во всех исследуемых почвах содержание кобальта находится в пределах 0,34–0,95 мг/кг. Если содержание кобальта в почве меньше 2–2,5 мг/кг, корма, выращенные на ней, содержат менее 0,04–0,07 мг/кг этого элемента, и животные, поедая такие корма, заболевают сухоткой [20].

На текущий момент ПДК марганца в почве составляет 1500 мг/кг. Достижение этого показателя, как и его превышение, оказывает пагубное воздействие на растения и сельскохозяйственные культуры, замедляя их развитие и даже приводя к порче урожая [21]. Кларк марганца в почвах составляет 850 мг/кг. Региональный фоновый уровень для изучаемых почв колеблется в пределах 1,85–179,7 мг/кг.

Для всех почв, включая и природные ландшафты, наблюдается аккумуляция свинца в верхнем гумусовом горизонте [1]. Кларк свинца в почвах составляет 10 мг/кг. ПДК – 30 мг/кг [18]. Свинец на исследуемых участках накапливается в количестве 0,05–1,72 мг/кг.

Кларк меди в почвах составляет 20 мг/кг. ПДК – 55 мг/кг [17]. Содержание меди в почвах вдоль автомобильных дорог составляет 0,45–2,96 мг/кг. Недостаток меди вызывает у растений понижение активности синтетических процессов и ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ [3].

При проведении исследования почв Присулакской низменности выявлена положительная корреляция содержания тяжелых металлов с показателями содержания гумуса, сухого остатка солей и pH (табл. 2). Коррелятивный ряд соотношения содержания гумуса и тяжелых металлов показал невысокие значения ($r = 0,13–0,56$), причем минимальные значения характерны для свинца, а максимальные значения приходятся на кобальт. Промежуточные значения для остальных ТМ составили: марганец – 0,13 мг/кг, никель – 0,32 мг/кг, медь – 0,40 мг/кг. Невысокая корреляция ТМ с гумусом связана с низким содержанием гумуса в почвах – 0,87–1,6% и единично до 2,4% в лугово-каштановой почве. При этом высокие показатели коэффициента корреляции пришлись именно на соотношение гумуса в лугово-каштановой почве и меди – 0,94, в остальных случаях корреляция очень низкая. При корреляции соотношения сухого остатка солей и тяжелых металлов значения более высокие и достигают $r = 0,72–0,74$; минимальные значения характерны для марганца и свинца, а максимальные – для кобальта меди и никеля. Значения корреляции соотношения pH и ТМ снижаются до $r = 0,43–0,57$, и в этом ряду минимальные значения соответствуют никелю и меди, а максимальные – у свинца, марганца и кобальта. Накопление ТМ в почвах по большей части выражено по градиенту засоления, в меньшей степени реакцией среды и содержанием гумуса. Прямой зависимости содержания ТМ и представленных свойств почвы не всегда прослеживается, что, вероятно, обусловлено другими факторами: содержание в почвах карбонатов, влияние других макро- и микроэлементов, физико-химические свойства тяжелого металла и т.д. [19].

На всех исследуемых территориях Присулакской низменности содержание тяжелых металлов значительно ниже предельно допустимых норм. Необходимо отметить, что максимальные значения содержания ТМ отмечаются в луговой солончаковой почве и превышают в большинстве случаев такие же показатели в лугово-каштановой почве до полутора раз, а в светло-каштановой – до двух раз. Отсутствие или недостаток некоторых макро и микроэлементов негативно влияет на продуктивность пастбищных угодий и требует более пристального внимания аграриев к мероприятиям по сохранению и улучшению их состояния с применением агромелиоративных приемов.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что валовое содержание тяжелых металлов не превышает нормы ПДК.

Установлено, что в исследованных почвах Zn и Cd не обнаружены, единичный случай – на луговых почвах на глубине 5–15 см содержание Zn составляет 8,05 мг/кг.

Установлено, что наименьшая концентрация валового содержания тяжелых металлов выявлена в светло-каштановых почвах.

Выявлена высокая концентрация марганца в лугово-солончаковой почве – 155,0–179,7 мг/кг, причем содержание этого же элемента в светло-каштановой почве 25,47–54,30 мг/кг и в лугово-каштановой 1,85–96,56 мг/кг.

Работа выполнена по темам госзаданий: ПИБР ДФИЦ РАН (№ 0172-2019-0014) «Динамика почвенного покрова и биопродуктивности экосистем Северо-Западного Прикаспия и Восточного Кавказа», Лаборатории

КИПР ДФИЦ РАН (№ 0172-2019-0002) «Изучение сохранение и воспроизводство биологических ресурсов экосистем Западного Прикаспия».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ворopaев В.Н., Старкина М.Б., Дубровина О.А. Содержание свинца в почвах локального агроэкологического мониторинга и его влияние на качество растениеводческой продукции // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2009. № 2. С. 26–30.
2. Абдулагатов И.М., Яхияев М.А., Салихов Ш.К., Караева А.Ф. Тяжелые металлы в почвах Республики Дагестан и оценка риска для здоровья человека // Гигиена и санитария. 2023. № 102(2). С. 113–120. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-113-120>
3. Юмашев Н.П., Трунов И.А. Почвы Тамбовской области. Воронеж: Мичурин. гос. агр. ун-т, 2006. 216 с.
4. Физическая география низменного Дагестана : сб. ст. / отв. ред. М.М. Эльдаров. Махачкала: Дагучпедгиз, 1972. 172 с. (Труды естественно-географического факультета).
5. Андрейчик М.Ф., Аюшинов Н.П., Соловьева В.М. Содержание валовых форм тяжелых металлов и микроэлементов в почвах сельскохозяйственных угодий Республики Тыва // Вестник КрасГАУ. 2010. № 3. С. 35–39.
6. Котенко М.Е., Зубкова Т.А. Химические свойства почв Терско-Сулакской низменности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2009. № 12. С. 21–24.
7. Мирзоев Э.М.-Р., Гасанова З.У., Магомедов И.А., Бийболатова З.Д., Абдурашидова П.А., Желновакова В.А. Результаты мониторинга почвенного покрова Терско-Сулакской низменности за последние 55 лет // Вестник Дагестанского научного центра. 2017. № 65. С. 97–105.
8. Менделева В.П., Волкова И.В., Чаплыгин В.А., Лактионов А.П. Распределение тяжелых металлов в органах растений, произрастающих на засоленных почвах Астраханской области // Природопользование: от истории к современности. Куражковские чтения : материалы I Международной научно-практической конференции. Астрахань, 19–21 мая 2022 г. / сост. А.Н. Бармин. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2022. С. 29–33.
9. Казанцев И.В. Матвеева Т.Б. Содержание тяжелых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза // Самарский научный вестник. 2016. № 1 (14). С. 34–37.
10. Казанцев И.В. Экологическая оценка влияния железнодорожного транспорта на содержание тяжелых металлов в почвах и растениях полосы отвода : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2008. 20 с.
11. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Тяжелые металлы в почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестник СамГУ. 1996. № 2. С. 125–144.
12. ГОСТ 17.4.4.02. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, 2008. 7 с.
13. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 1970. 488 с.
14. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства (утв. Минсельхозом России 10.03.1991) / Центр. Ин-т агрохим. обслуживания сел. хоз-ва (ЦИНАО); изд. 2-е, перераб. и доп. М., 1992. 62 с.
15. Алексеенко В.В. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Изд-во «Наука», 1990. 142 с.
16. Гончарук Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. М.: Изд-во «Медицина», 1986. 320 с.
17. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Изд-во «Химия», 1996. 312 с.
18. Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых количеств (ОДК) химических веществ в почве. Издание специальное. М.: Изд-во Госкомсанэпиднадзора России, 1991. 18 с.
19. Салихов Ш. К., Баширов Р. Р., Магомедалиев А.З. Закономерности распределения тяжелых металлов (Ni, Cr, Pb) в основных типах почв предгорного Дагестана // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 78. С. 116–125.
20. Тютиков, С. Ф. Парнокопытные животные как естественные биоиндикаторы при геохимическом мониторинге окружающей среды : дис. ... д-ра биол. наук. Владимир, 2016. 302 с. EDN YUFYSC.
21. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в почве. URL: <https://81.fsvps.gov.ru/news/predelno-dopustimye-koncentracii-tjazhelyh-metallov-v-pochve/> (дата обращения: 17.06.2024).

Поступила в редакцию 06.11.2024 г.

Принята к печати 23.12.2024 г.

Азиева Джамилат Сиражутдиновна, старший лаборант, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: azieva.dzhamilya@mail.ru.

Dzhamilat S. Azieva, senior laboratory assistant, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: azieva.dzhamilya@mail.ru

Шихалиев Алибек Залибекович, лаборант, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; e-mail: shikhaliev01a1@mail.ru

Alibek Z. Shikhaliev, laboratory assistant, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; e-mail: shikhaliev01a1@mail.ru

Биарсланов Ахмед Бийсолтанович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; доцент, Дагестанский государственный университет; e-mail: ab.biarslanov@mail.ru

Akhmed B. Biarslanov, Candidate of Biology, senior researcher, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; assistant professor, Daghestan State University; e-mail: ab.biarslanov@mail.ru