

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

ГНРТИ 87.21.09

DOI: 10.51886/1999-740X_2026_1_36

М.Ш. Сулейменова^{1*}, Л.А. Сейтмагзимова¹, С.У. Стамкулов¹, С.С. Жолдыбаев^{2*},
Е.В. Коропоткина²

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДА СЕМЕЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И ОЦЕНКА РИСКОВ

¹Алматинский технологический университет, 050012, Алматы,

ул. Толе би, 100, Казахстан, *e-mail: s.mariyash@mail.ru, sunkar85@mail.ru

²ТОО «Республиканский научно-производственный и информационный центр «Казэкология», 050010, Алматы, ул. Айтеке би, 36, Казахстан

Аннотация. Проведены исследования почв города Семей в зимний и летний периоды в течение 2024 года. Определены в почве валовые формы: As, Co, Pb, Cu, Zn, Ni, Mn, V, Sr, Sn, Mo, Ba, Ti, Cr, Ag, Li, Nb, Be, Ga, Bi, P, Sc, Y; подвижные формы: Pb, Ni, Zn, Cu, Co; а также содержание нефтепродуктов. Содержание загрязняющих веществ определяли методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии. Для всех загрязняющих веществ выполнена оценка на соответствие их нормативным показателям в почве. В основу оценки состояния и степени загрязнения почвы положены величины предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в почвах. Выполнены расчеты показателей суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и оценены риски. Установлено, что степень загрязнения почвенного покрова г. Семей относится к допустимой, уровни риска - от низкого до умеренно локального.

Ключевые слова: загрязняющие вещества, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязненности почвы, уровни загрязнения, уровни рисков, коэффициент концентрации загрязнителя.

ВВЕДЕНИЕ

Разнообразие почв Восточного Казахстана обусловлено климатическими условиями и рельефом региона. Здесь в равнинной части распространены каштановые почвы, в степных районах и горных системах Алтая - черноземы, горно-луговые типы почв, а в предгорьях и долинах - солонцы и солончаки [1].

Несмотря на наличие многочисленных работ по почвам Восточного Казахстана, посвящённых региональной типологии, природным условиям и справочным характеристикам почвенного покрова [1-3], а также исследованиям на территориях, примыкающих к Семипалатинскому испытательному полигону [4, 5], целостных и сопоставимых по методике исследований городских почв г. Семей длительное время не было. Отдельные публикации затрагивали лишь Семипалатинский регион,

без представления количественных рядов и нормируемых показателей [6], либо рассматривали отдельные районы внутри городской агломерации (например, Восточный посёлок) с ограниченным аналитическим набором и без расчёта суммарного показателя загрязнения (Зс) [7]. Есть и работы, сфокусированные на отдельных элементах или механическом составе, что не формирует общегородской картины [8, 9].

Для изучения почв в регионе наибольший интерес представляет город Семей (бывший Семипалатинск). В настоящее время город Семей является центром области Абай. Город расположен по берегам реки Иртыш, занимает территорию площадью 210 км², население города свыше 328 тысяч человек. Семей является важным культурным, образовательным, торговым и логистическим центром северо-востока Казахстана.

В 2024 году ТОО «РНПИЦ «Казэкология» осуществило целевой мониторинг городских почв Семей по единому плану зимне-летних наблюдений. В рамках исследования были определены валовые формы элементов (As, Co, Pb, Cu, Zn, Ni, Mn, V, Sr, Sn, Mo, Ba, Ti, Cr, Ag, Li, Nb, Be, Ga, Bi, P, Sc, Y), подвижные формы (Pb, Ni, Zn, Cu, Co), а также содержание нефтепродуктов. Дополнительно выполнен расчёт суммарного показателя загрязнения (Zc) и проведена оценка экологических рисков в соответствии с действующими нормативами и методическими документами [10–16]. Настоящая статья обобщает полученные результаты и восполняет выявленный пробел - отсутствие современного, методически сопоставимого обзора состояния городских почв Семей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Отбор образцов почв на территории города Семей осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.4.02-2017 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа» [17].

Почвенные образцы отбирались методом конверта (прикопки) с верхних горизонтов участков (0-5 см; 5-15 см), наиболее подверженных воздействию загрязнений и накоплениям тяжелых металлов, нефтепродуктов. Радиус отбора проб для формирования смешанных образцов почв составлял 25 м². Пробы отбирались в пяти точках по углам конверта и в центре [17].

Определение содержания кадмия, хрома, кобальта, меди, свинца, марганца, никеля, цинка и других загрязняющих веществ в почве выполняли пламенной атомно-абсорбционной спектрометрией [18]. Данный метод характеризуется высокой чувствительностью и точностью, позволяет выявлять содержание исследуемых элементов в

следовых концентрациях и возможности выполнения анализа сразу нескольких металлов в одной пробе.

Нефтепродукты в почве определяли флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02», аналитическом приборе группы компаний «Люмэкс». Исследования выполнялись в соответствии с действующими методиками анализов [19, 20].

Результаты химико-аналитических измерений подвергались статистической обработке с целью оценки достоверности полученных данных. Измерения растворов согласно методике, выполнялись, по крайней мере дважды, и если значения попадали в допустимый интервал (95%-й доверительный интервал), то значения усреднялись согласно примечанию 2 п.3.5.4 [18]. Относительная ошибка не превышала 5%. Анализы проводились сертифицированной лабораторией.

Оценка рисков выполнена в качественно-сравнительном формате на основе превышений ПДКп/ОБУВ по валовым и подвижным формам загрязняющих веществ; суммарного показателя загрязнения Zc по РНД 03.3.0.4.01-96.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пробы почв отбирались в 15 точках города Семей (координаты указаны в таблице 1) в январе и июле 2024 года.

В зимний период 2024 года пробы почв отобраны и проанализированы на содержание валовых форм тяжелых металлов (Pb, Cr, Cu, Zn) и нефтепродуктов. Результаты анализов и точки отбора проб почв представлены в таблице 1.

В основу оценки состояния и степени загрязнения почвы положены величины предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в почвах [13].

Концентрации загрязняющих веществ, для которых ПДК не разработаны, оценивались в сравнении со

средними их содержаниями в почвах мира или Кларками в почвах по А.П. Виноградову [21, 22].

Установлено, что в пробах почв, отобранных в зимний период в различных районах города Семей, концентрации свинца находились в пределах –

11-33 мг/кг, хрома 20-57 мг/кг, меди – 9-26,5 мг/кг, цинка – 24-60 мг/кг, нефтепродуктов – 9,96-122 мг/кг. В целом по валовым показателям степень загрязнения почвенного покрова на обследованной территории относится к допустимой.

Таблица 1 - Валовые содержания тяжелых металлов и нефтепродуктов в пробах почвы, отобранных зимой 2024 г. в г. Семей

№ п/п	Содержание микрокомпонента, мг/кг					Место отбора, координаты
	Pb	Cr	Cu	Zn	нефте-продукты	
1	11,6	40,3	19,40	42,2	10,00	(50.422789, 80.252648)
2	23,6	43,6	21,60	55,4	122,00	(50.430149, 80.252660)
3	18,8	48,7	22,40	51,6	58,25	(50.392110, 80.227554)
4	33,8	57,4	22,80	60,2	82,00	(50.405176, 80.201341)
5	14,0	37,0	10,80	25,2	47,75	(50.412200, 80.242496)
6	26,6	56,1	21,63	61,4	80,50	(50.401050, 80.222399)
7	11,3	21,2	9,63	24,0	67,75	(50.417137, 80.248220)
8	21,2	30,2	10,97	24,4	104,00	(50.421983, 80.250775)
9	31,7	60,8	23,60	54,6	12,95	(50.429574, 80.229022)
10	22,5	33,4	17,70	49,8	25,30	(50.369265, 80.260574)
11	12,9	79,3	26,50	56,6	88,50	(50.397848, 80.221268)
12	15,5	25,7	19,90	33,0	11,80	(50.424574, 80.248682)
13	19,2	31,8	22,20	37,7	17,50	(50.419310, 80.251682)
14	11,4	21,1	13,30	28,9	9,90	(50.420545, 80.247990)
15	10,5	18,8	11,60	25,0	7,80	(50.422192, 80.254590)
С ср.	19,0	40,4	18,30	42,0	49,70	
ПДК _п , мг/кг	32,0	не уст.	23,0	110,0	не уст.	(валовая форма)
ПДК _п , мг/кг	6,0	не уст.	3,0	23,0	не уст.	(подвижная форма)
Среднее содержание в почвах мира	10,0	200,0	20,0	50,0		(по А.П. Виноградову)
Кларк в земной коре [24]	16,0	83,0	47,0	83,0		(по А.П. Виноградову)
Примечание: не уст. – не установлено.						

Летние пробы анализировались на содержание 25 микрокомпонентов, включая нефтепродукты. В таблице 2 представлены усредненные показатели спектральных и химических анализов проб почв, отобранных в летний период 2024 года.

При определении концентраций валовых форм мышьяка использовались данные, полученные химическим анализом, так как данные спектрального анализа меньше предела обнару-

жения. Из таблицы 2 видно, что почвы характеризуются повышенными валовыми концентрациями меди, свинца, кобальта, цинка и мышьяка. Эти показатели превышали значения ПДК [13].

Почвы характеризуются и повышенными концентрациями бария, се ребра, ниобия, лития, висмута. Количество бария, серебра и висмута значительно превышает их среднее содержание в земной коре.

Анализ распределения концентраций каждого из изученных микроэлементов показал следующее.

Медь. Концентрации валовой меди по глубине превышают нормируемые показатели. Валовая медь в почвах г. Семей содержится в среднем в пределах 2,0 ПДК_в. Подвижные формы меди в почвах на уровне – 0,81–1,07 ПДК_п. В исследуемых почвах отмечено при-

родное повышенное содержание валовых форм меди.

Свинец. В исследуемых почвах валовый свинец содержится на уровне 1,0-2,0 ПДК_в. (в среднем 1,85 ПДК_в). Изучая характер распределения валовых форм свинца установлено, что в нижних почвенных горизонтах его меньше, чем в верхних, что говорит об антропогенном влиянии.

Таблица 2-Содержание тяжелых металлов в пробах почв, отобранных летом 2024 г.

Содержание, мг/кг	Глубина горизонта, см			ПДК _в , (валов.) мг/кг	ПДК _п , (подв.) мг/кг	Среднее содержание в почвах мира	Кларк в земной коре
	0-10	10-25	средняя				
Cu	<u>45.24</u> -*) 3,23 -*)	<u>48.00</u> 2,45	<u>45.77</u> 3,08	23,0	3,0	20,0	47,0
Pb	<u>65.95</u> 12,29	<u>32.00</u> 9,62	<u>59.42</u> 11,78	32,0	6,0	10,0	16,0
Mn	595,24	640,00	603,85	1500,0	-	850,0	1000,0
Ti	2976,19	640,00	3057,69	-	-	4600,0	4500,0
V	58,10	72,00	60,77	150,0	-	100,0	90,0
Ga	12,14	12,00	12,12	-	-	30,0	19,0
Cr	52,86	42,00	50,77	-	-	200,0	83,0
Ni	<u>32.38</u> 1,39	<u>34.00</u> 1,79	<u>32.69</u> 1,47	35,0	4,0	40,0	58,0
Co	<u>15.00</u> 1,45	<u>17.00</u> 1,62	<u>15.38</u> 1,48	-	5,0	8,0	18,0
Sc	6,71	9,20	7,19	-	-	7,0	10,0
Mo	1,52	2,10	1,63	-	-	2,0	1,1
Sn	3,95	4,40	4,04	-	-	10,0	2,5
Zn	<u>192.38</u> 29,67	<u>210.00</u> 5,48	<u>195.77</u> 25,02	110,0	23,0	50,0	83
As	9,91	10,66	10,05	2,0	-	5,0	1,7
Sr	104,76	110,00	105,77	-	-	300,0	340,0
Y	14,29	16,00	14,62	-	-	50,0	20,0
Ba	3428,57	3200,0	3384,62	-	-	500,0	650,0
Ag	0,29	0,24	0,28	-	-	0,1	0,07
Zr	159,52	170,0	161,54	-	-	300,0	170,0
Li	34,29	30,00	33,46	-	-	30,0	32,0
Nb	7,62	7,60	7,62	-	-	-	0,002
Be	1,60	1,80	1,63	-	-	6,0	3,8
Bi	1,38	1,40	1,38	-	-	0,2	0,009
P	578,57	560,00	575,00	-	-	800,0	930,0
нефтепродукты	48,06	23,19	43,28	не установлено			

* В числителе валовое содержание металлов, а в знаменателе – их подвижные формы.

Подвижные формы свинца в почвах составили 2,0-1,6 мг/кг (в среднем 2,0 ПДК_п). Соотношение превышения валовых и подвижных форм свинца указывает на известный факт связывания металлов органическим веществом почвы [11]. Ранее проведенными исследованиями было установлено, что такая техногенная аномалия почв сформировалась под воздействием воздушного поступления выбросов [10]. Таким образом, накопление подвижных и валовых форм свинца связано с некоторым незначительным техногенным и значительным антропогенным давлением со стороны городов.

Цинк. В исследуемых образцах почв валовые формы цинка содержатся на уровне 1,75-1,9 ПДК_в. (в среднем 1,8 ПДК_в). Отмечается увеличение концентрации цинка по глубине. В то время как подвижная форма цинка значительно снижается по глубине с 1,29 до 0,24 ПДК_п, что скорее всего обусловлено антропогенным давлением со стороны города.

Мышьяк. Усредненные концентрации валовых форм мышьяка превышают установленные нормативы ПДК_в в 5,0-5,3 раза. При этом его концентрации увеличиваются по глубине. Все эти наблюдения подтверждают существование природной геохимической аномалии по исследуемому элементу. Характер распределения концентраций мышьяка по почвенному профилю не позволяет говорить о наличии техногенного давления, здесь присутствует природная геохимическая аномалия рассматриваемого элемента.

Кобальт. Этот микроэлемент не имеет установленного валового ПДК_в, поэтому мы сравнили его концентрации со средними концентрациями в почвах мира (8,0 мг/кг) [23-25]. В исследуемых почвах имеется природное повышенное содержание валового кобальта на уровне 1,9-2,1 долей среднего содержания его в почвах мира. Подвижные формы

кобальта не превышают установленного норматива ПДК_п в почвах и составляют в среднем 0,3 ПДК_п.

Никель. Концентрации валовых и подвижных форм никеля и подвижной форм практически не превышают установленных нормативов.

Барий. Этот микроэлемент не имеет установленного ПДК_п, поэтому его сравнивали со средними концентрациями в почвах мира (500 мг/кг) [23-25]. Отмечено природное повышенное содержание бария на уровне 6,85-6,40 раз среднего содержания его в почвах мира.

Литий. Распределение лития по глубине почв составило 1,1-1,0 раза среднего содержания в почвах мира. Техногенное давление в этом случае отсутствует.

Ниобий. Среднее содержание ниобия в почвах мира по А.П. Виноградову - 0,002 мг/кг [23-25]. В исследуемых почвах ниобий содержится на уровне 7,6 мг/кг по всему почвенному профилю. Распределение концентраций по почвенным горизонтам говорит о геохимической аномалии по рассматриваемому элементу, техногенное давление в этом случае отсутствует.

По элементам, для которых не установлены значения по валовым формам превышения ПДК_в, их содержание в исследуемых почвах было следующее: Ag - 0,1; Mo - 1,52-2,10; Cr - 42,00-52,86; P - 560,00-578,57; Ti - 2976,19-3400,00; Sn - 3,95-4,40; Cr - 42,00-52,86; Zr - 59,52-170,00; Be - 1,6-1,8; Y - 14,29-16,00; Sc - 6,71-9,20 мг/кг [23-25].

Марганец и ванадий. Средние концентрации марганца и ванадия не превысили установленных нормативов в почвах и составляли: марганец - 595,24-640,00 мг/кг (ПДК_п - 1500 мг/кг), ванадий 58,10-72,0 мг/кг (ПДК_п - 150 мг/кг).

Присутствие бора, ртути, таллия, тантала, лантана, церия, иттербия, индия, урана, гадолиния, гафния результатами исследований не обнаружено.

Оценка уровня загрязнения почвенного покрова г. Семей и оценка рисков.

Чтобы определить уровни загрязнения исследуемой территории рассчитаны показатели суммарного загрязнения по формулам 1 и 2 в соответствии с нормативными требованиями [14]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n Kki - (n - 1) \quad (1)$$

$$\text{где } Kki = \frac{Ci}{ПДК_i} \quad (2)$$

Kki – коэффициент концентрации загрязнителя; n – число веществ.

Расчет показателя суммарного загрязнения произведен по валовым и

подвижным показателям микроэлементов.

В таблицах 3 и 4 представлены результаты расчета показателей суммарного загрязнения тяжелыми металлами и расчет Z_c по почвам г. Семей за 2024 год.

Из данных таблиц следует, что основным антропогенным загрязнителем исследуемой территории является свинец, а также цинк и медь. Загрязнение почв медью и цинком носит как природный, так и техногенный характер. Кобальт, никель и мышьяк также присутствуют в повышенных концентрациях, но их концентрации носят природный характер.

Таблица 3 - Результаты уровней загрязнения и суммарных показателей загрязнения почв г. Семей, рассчитанных по подвижным формам загрязняющих веществ (зимние пробы 2024 г.)

Глубина горизонта, см	Уровни загрязнения (K_{ki})					$\sum Kki$	Z_c
	Cu	Zn	Pb	Ni	Co		
0 - 5	1,08	1,29	2,05	0,35	0,29	5	1
5 - 15	0,82	0,24	1,60	0,45	0,32	3	<1
Среднее	1,03	1,09	1,96	0,37	0,30	5	1

Данные настоящего исследования сопоставлялись с официальными статистическими данными РГП «Казгидромет» по Восточно-Казахстанской и Абайской областям [12].

Следует отметить, что официальные данные требуют уточнения, так как не указано какие именно формы ТМ определялись: валовые или подвижные. Кроме того, сравнение возможно только если пробы отбирались в одно и тоже время, а также с учетом фоновых концентраций загрязнителей. Данные РГП «Казгидромет» охватывают средние значения ТМ в почве в течение апреля-июля-октября. Мы же можем сравнить только с летними отборами проб. Поэтому такое сравнение не совсем корректно, и носит скорее сравнительно-информационный характер.

Состояние загрязнения почв тяжёлыми металлами в городе Семей по данным РГП «Казгидромет» за апрель-

июль-октябрь 2024 года показывают, что в пробах почвы, отобранных в различных районах, концентрации хрома находилась в пределах 0,14-2,65 мг/кг, цинка – 5,01-50,34 мг/кг, свинца – 8,31-71,63 мг/кг (0,26-2,2 ПДК_п), меди – 0,52-4,15 мг/кг (0,17-1,38 ПДК_п), кадмий – 0,08-0,45 мг/кг. В районе СЗЗ «Семейцемент» (ул. Глинки раст. от ист. 1 км) концентрация свинца – 1,1-2,2 ПДК. В районе пр. Ауэзова (от ТЭЦ 1 км) концентрация свинца – 1,0-1,2 ПДК. В районе школы №3 (2 км от центральной котельной) концентрация свинца – 1,1 ПДК. В пробах почвы содержание хрома находилось в пределах нормы. Какая форма хрома определялась, к сожалению, не указана.

Превышения ПДК по свинцу по данным ГКП «Казгидромет» в г. Семей 1,0-2,2 ПДК. В нашем случае летние отборы проб показали средний показатель по свинцу 1,86 ПДК.

Сопоставляя результаты расчетов суммарного показателя загрязнения почвы Zc с оценочными критериями (таблица 5), можно увидеть, что по валовым и подвижным показателям степень загрязнения почвенного покрова

г. Семей относится к допустимой: 1 и 11 по расчетам (менее 16 по таблице).

В таблице 6 представлены результаты оценки рисков по матрице скрининга в соответствии с методическими ориентирами [21-23].

Таблица 4 - Результаты расчета суммарных показателей загрязнения почв г. Семей, рассчитанных по валовым показателям загрязняющих веществ (летние пробы почв 2024 г.)

Глубина горизонта, см	Уровни загрязнения (Kk _i)											
	Co	Zn	Y	Cu	Sn	Mo	Ba	Ni	Mn	V	Ti	Pb
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0-15	1,88	1,75	0,29	1,97	0,40	0,76	6,86	0,93	0,40	0,39	0,65	2,06
5-15	2,13	1,91	0,32	2,09	0,44	1,05	6,40	0,97	0,43	0,48	0,74	1,00
Средняя	1,92	1,78	0,29	1,99	0,40	0,82	6,77	0,93	0,40	0,41	0,66	1,86

Продолжение таблицы 4

Глубина горизонта, см	Уровни загрязнения (Kk _i)										
	Cr	Ag	Zr	Li	Be	Ga	P	As	Sc	$\sum Kk_i$	Zc
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0-15	0,26	2,86	0,53	1,14	0,42	0,40	0,72	4,95	0,96	31	11
5-15	0,21	2,40	0,57	1,00	0,47	0,40	0,70	5,33	1,31	30	10
Средняя	0,25	2,77	0,54	0,12	0,25	0,40	0,72	5,03	1,03	31	11

Таблица 5 - Оценочные критерии состояния почвы [14]

Параметры	Состояние			
	допустимое	опасное	критическое	катастрофическое
Суммарный показатель загрязнения Zc	менее 16	16-32	32-128	более 128

Результаты скрининговой оценки.

1. Город в целом: при Zc < 16 состояние почвенного покрова в 2024 г. соответствует допустимому уровню; санитарно-гигиенические риски по сумме факторов - низкие/контролируемые.

2. Свинец (Pb): локально вблизи транспортных коридоров - признаки умеренного риска для детской подгруппы при пылевом воздействии (подвижные формы повышены). Рекомендуется

локальный мониторинг и пылеподавление.

3. Мышьяк (As): выявленная аномалия имеет природный фоновый характер (содержание валовых форм выше ПДК при отсутствии повышения подвижных форм). Техногенное давление маловероятно; санитарные риски оцениваются как низкие/контролируемые, но требуют периодической верификации при точечных превышениях.

Таблица 6 - Матрица скрининга (качественная, по данным 2024 г.)

Элемент	Преобладающий путь	Уровень риска	Основание/замечания	Рекомендации
Pb	ингаляция пыли/пероральный у детей	умеренный локально (вблизи магистралей)	подвижные формы повышены в верхних горизонтах	пылеподавление, озеленение, локальный мониторинг
As	пероральный (валовые формы), подвижные низкие	низкий (фон-литогенный характер)	валовые > ПДКп; подвижные формы не повышены	периодический мониторинг подвижных форм
Zn	пероральный/ингаляционный (пыль)	низкий	валовые повышены, подвижные умеренные	озеленение, исключение оголённого грунта
Cu	пероральный/ингаляционный	низкий	как у Zn	то же
Ni	пероральный	низкий (единичные превышения)	превышения редки	постоянный мониторинг

4. Цинк и медь (Zn, Cu): валовые концентрации повышены, подвижные - умеренные; риски - низкие/контролируемые при стандартном обращении с почвой (озеленение, отсутствие оголённых участков).

5. Прочие элементы (Mn, V, Ni и др.): превышения редки и слабовыраженные; риски - низкие.

Управленческие рекомендации

1) Поддерживать регулярный городской мониторинг содержания валовых и подвижных форм приоритетных элементов (Pb, Zn, Cu, As) по сезону.

2) Реализовать меры пылеподавления вдоль транспортных магистралей (влажная уборка, укрепление/озеленение откосов, сокращение оголённых участков грунта).

3) На участках с фоновыми превышениями As – вести наблюдения за подвижными формами; при их повышении - прицельное выявление источников.

4) При благоустройстве дворовых территорий - использовать чистые

грунтовые материалы и мульчирование, обеспечивая барьер между населением и почвой.

ВЫВОДЫ

Анализ исследований загрязнения почв города Семей в зимний и летний периоды 2024 года показал:

1. По суммарному показателю *Zc* городские почвы Семей (зима/лето-2024) относятся к допустимому уровню ($Zc < 16$); санитарно-гигиенические риски - низкие/контролируемые.

2. Пространственная специфика: локально *Pb* повышен вдоль магистралей; *As* преимущественно фон - литогенный (валовые > ПДКп при низких подвижных); *Zn, Cu* - валовые повышены при умеренных подвижных; *Ni* - редкие/незначительные превышения.

3. Рекомендуемые меры: пылеподавление и озеленение вдоль дорог, исключение оголённого грунта (покрытие/мульча) во дворах, прицельный контроль подвижных форм *As* и регулярный мониторинг приоритетных тяжелых металлов (*Pb, Zn, Cu, Ni*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколов А.А. Общие особенности почвообразования и почв Восточного Казахстана. – Алма-Ата: Наука КазССР – 1977. – 231 с.
2. Почвы Казахской ССР. Вып. 10: Семипалатинская область / под ред. М.К. Колходжаева и др. Алма-Ата: Наука, 1968. – 476 с.
3. Клебанович В., Ефимова И.А., Прокопович С.Н. Почвы и земельные ресурсы Казахстана. – Минск: БГУ, 2016. – 46 с.
4. Сапакова А.К. Экологическая оценка почвенно-растительного покрова Семипалатинского Прииртышья на содержание свинца. Автор. канд. биол. наук. Новосибирск, 2005 – 24 с.
5. Киргизбаева А.А. и др. Техногенное загрязнение земель Семипалатинского испытательного ядерного полигона тяжёлыми металлами // Вестник КазНУ. Серия химическая, 2014. – №1 (73). – С. 69–73.
6. Кабышева Ж.К. и др. Экологическое состояние почв Семипалатинского региона // Вестник университета Шакарима. Серия технические науки. – 2020. – №4 (92) – С. 218–221.
7. Нуриманов М.Н. и др. Анализ состава почвы Восточного посёлка Семья // Вестник университета Шакарима. Серия технические науки, 2020. – №4 (92). – С. 221–223.
8. Бастаубаева Ш. и др. Итоги почвенных научных исследований в КАЗНИИЗиКР // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты – 2024. - № 2-1. - С. 248–263. - DOI: <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/561>.
9. Абдужитова А.М., Липихина А.В., Жакупова Ш.Б. Экологическая оценка почвенного покрова Семейского региона на содержание тяжёлых металлов // Успехи современного естествознания. - 2014. – № 5-1. – С. 122-125.
10. Отчёт по мониторингу (зимний период) в рамках проекта целевых показателей качества ОС для области Абай. Алматы: ТОО «РНПИЦ «Казэкология» – 2024. – 52 с.
11. Отчёт по мониторингу (летний период) в рамках проекта целевых показателей качества ОС для области Абай. Алматы: ТОО «РНПИЦ «Казэкология». – 2024. – 102 с.
12. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды по Восточно-Казахстанской и Абайской областям (2024) [Электронный ресурс]: Казгидромет. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyuy-informacionnyu-byulleten-o-sosto-yanii-okruzhayuschey-sredy/2024>
13. Об утверждении Гигиенических нормативов к безопасности среды обитания : приказ Министра здравоохранения РК от 21.04.2021 № ҚР ДСМ-32 [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022595>.
14. РНД 03.3.0.4.01-96. Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления (в т. ч. классификация Zc). - Алматы: Минэкобиоресурсов РК, 1996. - 121 с.
15. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК.
16. Об утверждении Правил разработки целевых показателей качества окружающей среды... : приказ и. о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 19 июля 2021 г. № 257.

17. ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293737/4293737734.pdf>.

18. СТ РК ИСО 11047-2008 (Метод А). Качество почвы. Определение содержания кадмия, хрома, кобальта, меди, свинца, марганца, никеля и цинка пламенной атомно-абсорбционной спектрометрией.

19. ПНД Ф 16.1:2.21-98. КХАП. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02» [Электронный ресурс]. – URL: <https://lumex.kz/upload/iblock/a36/ritge6k3h51ucvfjqsaqukw9gzho9k3.pdf>.

20. Об утверждении Методики по проведению крупномасштабных почвенных изысканий земель : приказ Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 22 февраля 2023 г. № 75 [Электронный ресурс]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031999/links>.

21. Vinogradov A.P. Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust // *Geochemistry*. - 1962 - № 7 - P. 555-571.

22. Виноградов А. П. Полное собрание трудов : в 18 т. Т. 4 : Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / под ред. Ю. А. Костицына ; науч. ред. Е. М. Коробова ; сост. Л. Д. Виноградова ; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. — М. : РАН, 2021. — 298 с.

23. СТ РК ISO 15800-2014. Качество почвы. Определение характеристик, необходимых для оценки воздействия на человека.

24. Методические рекомендации по проведению оценки риска здоровью населения от воздействия химических факторов : прил. к приказу Комитета по защите прав потребителей МНЭ РК от 13.12.2016 № 193-ОД.

25. Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий : приказ и. о. Министра экологии, геологии и природных ресурсов РК от 13.08.2021 № 327 (с изм. от 02.07.2024).

REFERENCES

1. Sokolov A.A. Obshchiye osobennosti pochvoobrazovaniya i pochv Vostochnogo Kazakhstana. – Alma-Ata: Nauka KazSSR – 1977. – 231 s.

2. Pochvy Kazakhskoy SSR. Vyp. 10: Semipalatinskaya oblast / pod red. M.K. Kolkhodzhayeva i dr. Alma-Ata: Nauka, 1968. – 476 s.

3. Klebanovich V., Yefimova I.A., Prokopovich S.N. Pochvy i zemelnye resursy Kazakhstana. – Minsk: BGU, 2016. – 46 s.

4. Sapakova A.K. Ekologicheskaya otsenka pochvenno-rastitelnogo pokrova Semipalatinskogo Priirtyshya na soderzhaniye svintsa. Avtor. kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2005 – 24 s.

5. Kirgizbayeva A.A. i dr. Tekhnogennoye zagryazneniye zemel Semipalatinskogo ispytatelnogo yadernogo poligona tyazhyolymi metallami // *Vestnik KazNU. Seriya khimicheskaya*, 2014. – №1 (73). – S. 69–73.

6. Kabysheva Zh.K. i dr. Ekologicheskoye sostoyaniye pochv Semipalatinskogo regiona // *Vestnik universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskkiye nauki*. – 2020. – №4 (92) – S. 218–221.

7. Nurimanov M.N. i dr. Analiz sostava pochvy Vostochnogo posyolka Semeya // *Vestnik universiteta Shakarima. Seriya tekhnicheskkiye nauki*, 2020. – №4 (92). – S. 221–223.

8. Bastaubayeva Sh. i dr. Itogi pochvennykh nauchnykh issledovaniy v KAZNIIZiKR // Izdenister, nətizheler – Issledovaniya, rezultaty – 2024. - № 2-1. - С. 248–263. - DOI: <https://doi.org/10.37884/2-1-2024/561>.

9. Abduazhitova A.M., Lipikhina A.V., Zhakupova Sh.B. Ekologicheskaya otsenka pochvennogo pokrova Semeyskogo regiona na sodержaniye tyazhyolykh metallov // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. - 2014. – № 5-1. – S. 122-125.

10. Otchyot po monitoringu (zimny period) v ramkakh proyekta tselevykh pokazateley kachestva OS dlya oblasti Abay. Almaty: TOO «RNPITs «Kazekologiya» – 2024. – 52 s.

11. Otchyot po monitoringu (letny period) v ramkakh proyekta tselevykh pokazateley kachestva OS dlya oblasti Abay. Almaty: TOO «RNPITs «Kazekologiya». – 2024. – 102 s.

12. Informatsionny byulleten o sostoyanii okruzhayushchey sredy po Vostochno-Kazakhstanskoy i Abayskoy oblasti (2024) [Elektronny resurs]: Kazgidromet. – URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy/2024>.

13. Ob utverzhdenii Gigiyenicheskikh normativov k bezopasnosti sredy obitaniya : prikaz Ministra zdavookhraneniya RK ot 21.04.2021 № ҚР DSM-32 [Elektronny resurs]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022595>.

14. RND 03.3.0.4.01-96. Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu urovnya zagryazneniya komponentov okruzhayushchey sredy toksichnymi veshchestvami otkhodov proizvodstva i potrebleniya (v t. ch. klassifikatsiya Zc). - Almaty: Minekobiore-sursov RK, 1996. - 121 s.

15. Ekologicheskyy kodeks Respubliki Kazakhstan ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI ZRK.

16. Ob utverzhdenii Pravil razrabotki tselevykh pokazateley kachestva okruzhayushchey sredy... : prikaz i. o. Ministra ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan ot 19 iyulya 2021 g. № 257.

17. GOST 17.4.4.02–2017. Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gelmintologicheskogo analiza [Elektronny resurs]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293737/4293737734.pdf>.

18. ST RK ISO 11047-2008 (Metod A). Kachestvo pochvy. Opredeleniye sodержaniya kadmiya, khroma, kobalta, medi, svintsa, margantsa, nikelya i tsinka plamennoy atomno-absorbtsionnoy spektrometriyey.

19. PND F 16.1:2.21–98. KKhAP. Metodika izmereny massovoy doli nefteproduktov v probakh pochv i gruntov fluorimetricheskim metodom na analizatore zhidkosti «Flyuorat-02» [Elektronny resurs]. – URL: <https://lumex.kz/upload/iblock/a36/ritge6k3h51ycvfjqsaqukw9gzho9k3.pdf>.

20. Ob utverzhdenii Metodiki po provedeniyu krupnomasshtabnykh pochvennykh izyskany zemel : prikaz Ministra selskogo khozyaystva Respubliki Kazakhstan ot 22 fevralya 2023 g. № 75 [Elektronny resurs]. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300031999/links>.

21. Vinogradov A.P. Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust // Geochemistry. - 1962 - № 7 - P. 555-571.

22. Vinogradov A. P. Polnoye sobraniye trudov : v 18 t. T. 4 : Geokhimiya redkikh i rasseyannykh elementov v pochvakh / pod red. Yu. A. Kostitsyna ; nauch. red. Ye. M. Korobova ; sost. L. D. Vinogradova ; In-t geokhimii i analiticheskoy khimii im. V. I. Vernadskogo. - M. : RAN, 2021. — 298 s.

23. ST RK ISO 15800-2014. Kachestvo pochvy. Opredeleniye kharakteristik, neobkhodimyykh dlya otsenki vozdeystviya na cheloveka.

24. Metodicheskiye rekomendatsii po provedeniyu otsenki riska zdorovyu naseleniya ot vozdeystviya khimicheskikh faktorov : pril. k prikazu Komiteta po zashchite prav potrebiteley MNE RK ot 13.12.2016 № 193-OD.

25. Ob utverzhdenii kriteriyev otsenki ekologicheskoy obstanovki territory : prikaz i. o. Ministra ekologii, geologii i prirodnnykh resursov RK ot 13.08.2021 № 327 (s izm. ot 02.07.2024).

ТҮЙІН

М.Ш. Сулейменова^{1*}, Л.Ә. Сейтмагзимова¹, С.У. Стамқұлов¹,

С.С. Жолдыбаев^{2*}, Е.В. Коропоткина²

АУЫР МЕТАЛДАРМЕН ТОПЫРАҚТЫҢ ЛАСТАНУЫН ГЕОХИМИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ

¹Алматы технологиялық университеті,

050012, Алматы, Төле би көшесі, 100, Қазақстан;

²«Қазэкология» Республикалық ғылыми-өндірістік және ақпараттық орталығы» ЖШС, 050010, Алматы, Әйтеке би көшесі, 36, Қазақстан,

*e-mail: s.mariyash@mail.ru, sunkar85@mail.ru

2024 жыл бойы Семей қаласының топырақтарына қысқы және жазғы кезеңдерде зерттеулер жүргізілді. Топырақта келесі элементтердің жалпы түрі анықталды: As, Co, Pb, Cu, Zn, Ni, Mn, V, Sr, Sn, Mo, Ba, Ti, Cr, Ag, Li, Nb, Be, Ga, Bi, P, Sc, Y; жылжымалы формалары: Pb, Ni, Zn, Cu, Co; сондай-ақ мұнай өнімдерінің мөлшері зерттелді. Ластаушы заттардың мөлшері жалынды атомдық-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталды. Барлық ластаушы заттар бойынша олардың топырақтағы нормативтік көрсеткіштерге сәйкестігіне бағалау жүргізілді. Топырақтың жай-күйі мен ластану дәрежесін бағалау ластаушы заттардың топырақтағы шекті рұқсат етілген концентрациялары (ШРК) негізінде жүзеге асырылды. Ауыр металдармен топырақтың жиынтық ластану көрсеткіштері есептеліп, тәуекел деңгейлері бағаланды. Зерттеу нәтижелері бойынша Семей қаласының топырақ жамылғысының ластану дәрежесі рұқсат етілген деңгейге жатады, ал тәуекел деңгейлері төменнен орташа жергілікті деңгейге дейін деп бағаланды.

Түйінді сөздер: ластаушы заттар, ауыр металдар, жалпы мөлшері, жылжымалы формалар, топырақтың жиынтық ластану көрсеткіші, ластану деңгейлері, тәуекел деңгейлері, ластаушының концентрация коэффициенті.

SUMMARY

M.Sh. Suleimenova^{1*}, L.A. Seytmagzimova¹, S.U. Stamkulov¹,

S.S. Zholdybaev^{2*}, E.V. Koropotkina²

GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION OF FAMILIES WITH HEAVY METALS AND RISK ASSESSMENT

¹Almaty Technological University, 050012, Almaty, Tole bi St., 100, Kazakhstan;

*e-mail: s.mariyash@mail.ru, sunkar85@mail.ru

²RPC Kazekologiya LLP, 050010, Almaty, Aiteke bi St., 36, Kazakhstan

Studies of the soils of the city of Semey were carried out in the winter and summer periods during 2024. Gross forms defined in soil are As, Co, Pb, Cu, Zn, Ni, Mn, V, Sr, Sn, Mo, Ba, Ti, Cr, Ag, Li, Nb, Be, Ga, Bi, P, Sc, Y; mobile forms: Pb, Ni, Zn, Cu, Co; and petroleum product content. The content of contaminants was determined by flame atomic absorption spectrometry. All pollutants were assessed for compliance with their regulatory indicators in the soil. The assessment of the

state and degree of soil pollution is based on the values of the maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in soils. Calculations of indicators of total soil pollution with heavy metals were performed and risks were assessed. It was established that the degree of pollution of the soil cover of Semey is acceptable, the risk levels are from low to moderately local.

Keywords: pollutants, heavy metals, gross content, mobile forms, total soil contamination index, pollution levels, risk levels, pollutant concentration coefficient.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. Сулейменова Мария Шаяхметовна – заведующая кафедрой химии, химической технологии и экологии, к.х.н., профессор, <https://orcid.org/0000-0001-5455-6475>, e-mail: s.mariyash@mail.ru

2. Сейтмагзимова Лаззат Адебовна – ассистент-профессор кафедры химии, химической технологии и экологии, к.т.н., <https://orcid.org/0009-0006-5693-2714>, e-mail: lseytmag@mail.ru

3. Сакен Утембекович Стамкулов – ассистент-профессор кафедры химии, химической технологии и экологии, к.т.н., <https://orcid.org/0009-0008-8883-1795>, e-mail: saoust@yandex.ru

4. Сункар Советжанович Жолдыбаев – директор испытательной лаборатории, <https://orcid.org/0000-0001-9637-9913>, e-mail: sunkar85@mail.ru

5. Елена Валерьевна Коропоткина - начальник отдела экологического проектирования и нормирования, к.г.н., <https://orcid.org/0009-0003-6427-5310>, e-mail: baimakova1@mail.ru