

УДК 661.84:546.81

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА АЛМАТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

*А. Мусакул кызы, Л.Т. Исмуханова, Н.А. Амиргалиев,  
А.С. Мадибеков, Р.А. Кулбекова*

Представлены результаты исследования почвенного покрова, проведенного на территории Алматинской агломерации за период 2018–2020 гг. Рассматриваются методы оценки почвенного покрова, количество содержания тяжелых металлов в почве, сравнение концентрации с предельно допустимыми концентрациями и кларками литосферы, а также характер их распределения по исследуемой территории. В результате исследований выявлено, что территория агломерации подвергается техногенному загрязнению, на что указывает повышенное содержание Cd.

*Ключевые слова:* почвенный покров; загрязнение; почвенно-геохимический фон; кларки литосферы; тяжелые металлы.

---

## АЛМАТЫ АГЛОМЕРАЦИЯСЫНЫН ЖЕР КЫРТЫШЫН ИЗИЛДӨӨНҮН ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ

*А. Мусакул кызы, Л.Т. Исмуханова, Н.А. Амиргалиев,  
А.С. Мадибеков, Р.А. Кулбекова*

Бул макалада 2018–2020-жылдар аралыгындагы Алматы агломерациясынын аймагында жүргүзүлгөн жер кыртышын изилдөөнүн жыйынтыктары берилди. Макалада жер кыртышын баалоо методдору, жер кыртышындагы оор металлдардын камтылышынын саны, алардын концентрациясын жол берилген концентрациянын чеги жана литосферанын кларктары менен салыштыруу, ошондой эле изилдөөчү аймактагы алардын бөлүштүрүлүшүнүн мүнөзү каралган. Изилдөөнүн натыйжасында аныкталгандай, агломерациянын аймагы техногендик булганууга учураган, Cd нын жогорку деңгээлде камтылышы муну көрсөтүп турат.

*Түйүндүү сөздөр:* жер кыртышы; булгануу; кыртыштык-геохимиялык фон; литосферанын кларктары; оор металлдар.

---

## RESULTS OF THE STUDY OF THE SOIL COVER OF THE ALMATY AGGLOMERATION

*A. Mussakul kyzy, L.T. Ismukhanova, N.A. Amirgaliyev,  
A.S. Madibekov, R.A. Kulbekova*

The article presents the results of a soil cover study conducted on the territory of the Almaty agglomeration for the period 2018–2020. The methods of assessing the soil cover, the amount of heavy metals in the soil, comparing the concentration with the maximum permissible concentrations and Clarks of the lithosphere, as well as the nature of their distribution over the study area are considered. The results of the study revealed that the area of agglomeration is subject to technogenic pollution, as indicated by the increased content of Cd.

*Keyword:* soil cover; pollution; soil-geochemical background; Clarks of the lithosphere; heavy metals.

В процессе исследования большое значение уделялось вопросу загрязнения почв Алматинской

агломерации (АА) тяжелыми металлами (ТМ). Многие исследователи [1–3], занимающиеся

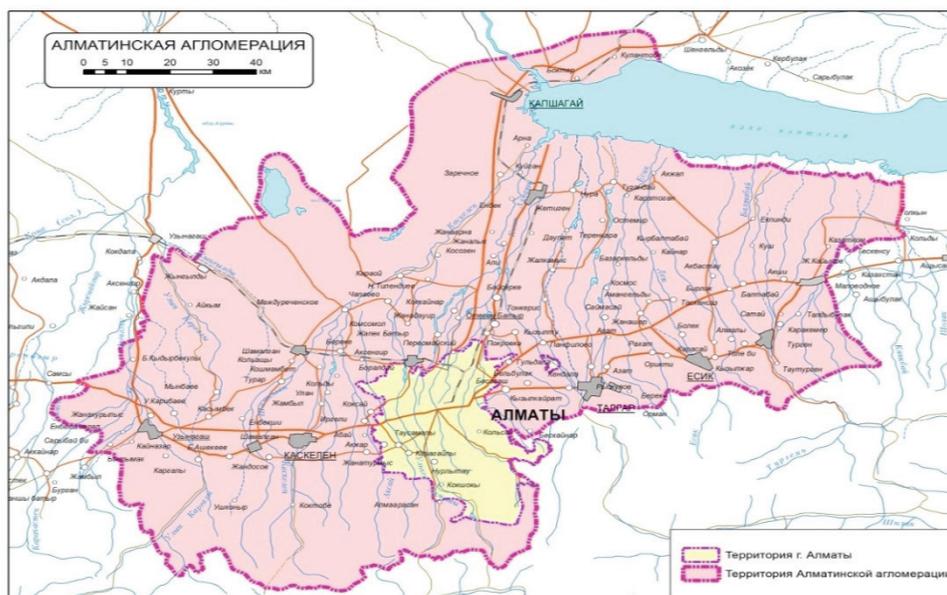


Рисунок 1 – Карта территории Алматинской агломерации

вопросами загрязнения почв, подчеркивают, что содержание ТМ в верхних слоях почвы определяется близостью к локальным источникам загрязнения и переносом поллютантов нижними слоями атмосферы, что обуславливается региональными факторами, такими как климат, рельеф, а также растительный покров. ТМ сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся, к примеру, период удаления Zn-500, Cd-1100, Cu-1500, Pb – до нескольких тысяч лет [4, 5].

В настоящее время в качестве экологического нормирования для территорий населенных пунктов РК, используются гигиенические нормативы к безопасности окружающей среды (почве), утвержденные приказом МНЭ РК от 25.06.2015 года № 452 [6].

Государственный мониторинг за состоянием загрязнения почв на территории Казахстана проводится РГП “Казгидромет” на 39 населенных пунктах в 14 областях республики, и в городах Нур-Султан, Алматы. Основными критериями оценки качества почв при государственном мониторинге являются существующие нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) [7, 8]. Так, в результате государственного мониторинга отмечается повсеместное превышение

ТМ в почвах, к примеру, по свинцу 2,0 ПДК, меди 1,4 ПДК и т. д. [9, 10]. При этом аномалии загрязнения ТМ, как правило, “привязаны” к различным техногенным загрязнителям – автомагистралям, бензозаправкам, химическим и металлургическим заводам, строительным предприятиям, свалкам и полигонам твердых бытовых отходов (ТБО).

М.С. Панин в своей работе [11] указывает, что диапазон содержания ТМ в почвах крупных городов РК колеблется в широких пределах, зачастую превышающих санитарные нормы, в частности, по городу Алматы по Pb в 2,9 раза, по Cu в 4,4 раза. Большое влияние на геохимические параметры загрязнения территорий современной урбанизированной среды промышленных центров оказывают вредные химические вещества атмосферного воздуха, которые осаждаются вблизи источников загрязнения и накапливаются на поверхности почвенного покрова, обуславливая его быструю антропогенную трансформацию. Следовательно, для более полной оценки состояния почвенного покрова важно отобрать пробу после таяния СП, так как значительная его часть попадает в почву, поверхностные воды и подземные воды, а также в живые организмы. Особенно важна эта

Таблица 1 – Гранулометрические и физико-химические параметры почвенного покрова АА

Зона, наименование	Место отбора	Вид почвы (породы)	рН	
			2019 г.	2020 г.
I Горные территории	ГЛСБ “Шымбулак”	Чернозем, гравий	7,3	6,1
	Большое Алматинское озеро (БАО)	Чернозем, гравий	6,0	6,5
	Алмаарасан	Чернозем	-	6,7
	Известковый	Чернозем, гравий	7,8	7,0
	Лесхоз	Чернозем, гравий	-	7,0
	Орман	Чернозем	-	7,4
	Ушкoныр	Чернозем, гравий	-	6,5
II Территория г. Алматы	Институт географии	Чернозем, гравий	8,0	6,9
	Парк первого президента	Чернозем, гравий	8,0	6,6
	СОАД	Суглинок, песок	8,2	7,1
	ВОАД	Чернозем, глина	8,2	6,9
	Пруд на ул. Бухтарминская	Суглинок, глина, песок	-	7,0
	Алтын Орда	Супесь	8,3	7,3
III Малые города, населенные пункты городского типа	Каскелен	Чернозем, гравий	7,3	6,7
	Узынагаш	Чернозем	8,0	6,7
	Капшагай	Песок, супесь	8,7	7,0
	Боралдай	Суглинок, глина	-	7,1
	Есик	Чернозем	8,3	7,0
	Талгар	Чернозем	8,1	6,9
IV Малые населенные пункты	Улан	Чернозем, гравий	-	7,4
	ст. Шамалган	Чернозем	8,5	7,3
	Турарские дачи	Суглинок	8,3	7,3
	Каргалы	Супесь	7,0	6,1
	Кыдырбекулы	Чернозем	-	7,4
	Айкым	Супесь	-	7,6
	Сорбулак	Песок, суглинок	8,2	7,7
	Междуреченское	Глина	8,1	7,3
	Косозен	Суглинок	8,3	7,5
	Отеген батыр	Мелкий песок, супесь	8,2	7,0
	Байсерке	Глина	-	7,4
	Жетыген	Суглинок, песок	8,8	7,4
	Космос	Чернозем	8,3	7,4
	Кырбалтабай	Чернозем	8,1	7,2
	Толкын	Песок, глина	8,5	7,1
	Байдибек би	Чернозем, глина	8,1	6,9
Каракемер	Чернозем, гравий	8,3	6,6	
Саймасай	Чернозем	-	7,4	
Трасса Акши-Капшагай	Супесь	8,5	7,4	
V Побережье КВ	Акжал	Суглинок	-	7,5
	Арна	Суглинок, песок	8,6	7,3
	Зона отдыха	Песок	8,9	7,3
Примечание: - нет данных				

проблема для промышленных городов, мегаполисов и агломераций, где загрязнение почв ТМ является актуальной проблемой.

В настоящей работе приводятся результаты исследований, выполненных по территории АА в 2018–2020 гг. (рисунок 1).

Одним из важных компонентов химического состава почвы является кислотность, которая характеризуется тем, что почва начинает приобретать свойства различных кислот. Для территории АА средние значения кислотности почвы в 2019 г. были в пределах рН 6,0–8,9, в 2020 г. рН 6,1–7,7 (таблица 1). Нейтральными свойствами (рН 5,6–6,9) отличались почвы горных территорий, находящиеся вне зоны промышленных выбросов и менее подверженные загрязнению. Кислотность почв по зонам агломерации отличается по годам, за исключением горных территорий. Так в 2019 г. ее значения меняются от слабощелочных (рН 8,1) до сильнощелочных почв (рН 8,8, побережье Капшагайского водохранилища (КВ)), в 2020 г. значения рН остаются стабильными по всей территории – слабощелочные (до рН 7,4).

По результатам выполненных работ в 2020 г. показатели определяемых ТМ в почве на территории г. Алматы по сравнению с предыдущими годами значительно снизились. В образцах проб, отобранных в 2018 г. на территории Института географии и Северного кольца, были зафиксированы концентрации меди, цинка, кадмия, свинца и никеля с превышением ПДК, в 2019 г. в районе Северного кольца содержания меди и свинца показывали максимальные значения по АА, в 2020 г. не превышают нормативы (таблица 2).

Характер распределения меди в почве по территории АА неравномерный, наивысшие значения меди были зафиксированы на территории г. Алматы в 2019 г. (43,7 мг/кг). В целом по территории АА 2020 г. среднее значение меди (0,33 мг/кг) в почве по сравнению с 2019 г. (7,4 мг/кг) значительно уменьшилось. В горных территориях, населенных пунктах городского типа и у побережья КВ содержание меди в почве имеет тенденцию незначительного роста.

Характерно снижение концентрации и для свинца, так по территории г. Алматы в 2018 г.

было зафиксировано 19,9 мг/кг, в 2019 г. – 17,9 мг/кг, в 2020 г. – 2,4 мг/кг, соответственно. По всей территории АА свинец в почвенном покрове имеет тенденцию к снижению, кроме побережья КВ.

В 2018 г. концентрации никеля варьировались в пределах от 2,1 до 3,3 мг/кг по всей территории АА, в 2019 и 2020 гг. на территории г. Алматы – 0,98 и 0,65 мг/кг, соответственно. Снижение уровня концентрации для никеля характерно так же, как и для указанных выше металлов.

Более высокие значения цинка наблюдались на территории г. Алматы, в 2018 г. – 15,9 мг/кг, 2019 г. – 1,6 мг/кг, 2020 г. – 7,7 мг/кг. В целом по территории АА средние значения цинка в почвенном покрове составили для 2020 г. 2,1 мг/кг, что по сравнению с 2018 г. (7,8 мг/кг) меньше в несколько раз, однако по сравнению с 2019 г. в четыре раза выше.

Средние содержания кобальта в почве на территории АА в 2020 г. (0,62 мг/кг) по сравнению с 2019 г. (0,24 мг/кг) выросли более чем в два раза, но не достигали высоких значений, наблюдавшихся в 2018 г. как на горных территориях (1,0 мг/кг), так и по территории г. Алматы (1,2 мг/кг).

Максимальное значение кадмия в почве по территории АА также было зафиксировано в 2018 г. на территории г. Алматы (3,7 мг/кг), в 2019 г. наивысшие значения обнаружены на побережье КВ (0,69 мг/кг), в 2020 г. содержание кадмия в почве по АА колеблется от 0,16 до 0,26 мг/кг, что значительно ниже, чем в предыдущие годы.

Еще одним немаловажным критерием оценки загрязнения почвы является сравнение полученных результатов с фоновыми показателями, т. е. кларками элементов в литосфере и почвенном покрове региона, что довольно часто используется в настоящее время в странах СНГ, в том числе и в Казахстане. В литературных источниках [12, 13] имеются сведения о том, что почвенный покров Алмагитинской агломерации образуют главным образом сероземы обыкновенные и лугово-сероземные почвы. Сероземы в Казахстане приурочены к предгорьям и подгорным равнинам, т. е. территория АА [14].

Таблица 2 – Среднее содержание и кратность превышения ПДК тяжелых металлов в почвенном покрове АА за исследуемые годы

Зона, наименование	ТМ	Мг/кг			Кратность превышения ПДК		
		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
I Горные террито- рии	Cu	0,1	0,10	0,40	0,03	0,03	0,13
	Pb	1,9	1,7	0,67	0,06	0,06	0,02
	Ni	2,9	0,80	0,54	0,74	0,20	0,14
	Zn	5,1	0,16	1,3	0,22	0,01	0,06
	Co	1,0	0,24	0,73	0,22	0,05	0,15
	Cd	1,7	0,30	0,20	0,88	0,15	0,10
II Территория г. Алматы	Cu	4,7	7,5	0,61	1,57	2,53	0,20
	Pb	19,9	17,9	2,4	0,62	0,56	0,08
	Ni	3,3	0,98	0,65	0,83	0,25	0,16
	Zn	15,9	1,6	7,7	0,69	0,07	0,33
	Co	1,2	0,33	0,62	0,25	0,07	0,12
	Cd	3,7	0,42	0,22	1,89	0,21	0,11
III Малые города, населенные пункты городского типа	Cu	0,53	0,22	0,31	0,18	0,07	0,10
	Pb	4,2	3,2	2,1	0,13	0,10	0,07
	Ni	2,5	0,54	0,53	0,63	0,14	0,13
	Zn	4,8	0,63	1,8	0,21	0,03	0,08
	Co	0,54	0,20	0,63	0,11	0,04	0,13
	Cd	0,74	0,43	0,26	0,37	0,22	0,13
IV Малые населенные пункты	Cu	0,26	0,38	0,22	0,09	0,13	0,07
	Pb	3,3	4,5	2,8	0,10	0,14	0,09
	Ni	0,55	2,1	0,38	0,14	0,55	0,09
	Zn	0,22	5,2	1,4	0,01	0,23	0,06
	Co	0,23	0,52	0,78	0,05	0,10	0,16
	Cd	0,51	0,58	0,16	0,25	0,29	0,08
V Побережье КВ	Cu	0,44	0,07	0,32	0,15	0,02	0,11
	Pb	1,2	1,2	1,7	0,04	0,04	0,05
	Ni	2,2	0,42	0,62	0,56	0,10	0,15
	Zn	0,50	0,06	2,1	0,02	0,00	0,09
	Co	0,49	0,25	0,62	0,10	0,05	0,12
	Cd	0,60	0,69	0,19	0,30	0,35	0,10

По результатам сравнения средних значений за 2020 г. ТМ в почве, превышение кларков наблюдались для кадмия по всей территории агломерации (таблица 3).

По исследованиям работы [15], если его фоновые уровни кадмия в почве превосходят 0,5 мг/кг, то это является свидетельством антропогенного вклада в верхнем слое почв.

По результатам исследования за 2020 г. pH почвы АА в среднем составляет 7,1, имея ще-

лочную среду, и, по мнению авторов [13, 16, 17] в щелочных почвах образуются осадения кадмиевых соединений. Концентрация остальных элементов значительно ниже своих кларков, что указывает на невысокую миграционную их активность [18].

Все обнаруженные в почве тяжелые металлы на территории АА располагаются в следующий ряд в порядке уменьшения их содержания: 2018 г. – Pb>Zn>Ni>Cu>Cd>Co,

Таблица 3 – Среднее содержание ТМ в литосфере, сероземных почвах и в почве АА за 2020 г., мг/кг

ТМ	Кларки для литосферы [15]	Сероземы обыкновенные на почвах территории [13]	Почва				
			I зона	II зона	III зона	IV зона	V зона
Cu	47	27	0,40	0,61	0,31	0,22	0,32
Pb	16	-	0,67	2,49	2,15	2,84	1,71
Ni	58	-	0,54	0,65	0,53	0,38	0,62
Zn	83	76	1,31	7,70	1,83	1,49	2,17
Co	18	8,9	0,73	0,62	0,63	0,78	0,62
Cd	0,13	-	0,20	0,22	0,26	0,16	0,19

Примечание: - нет данных

2019 г. – Cu>Pb>Ni>Zn>Cd>Co, 2020 г. – Zn>Pb>Co>Ni>Cu>Cd. Следует отметить, что этот ряд за период исследования был довольно разнообразным и структура расположения содержания ТМ в почве сильно отличается.

Таким образом, установлено, что наиболее интенсивное загрязнение почв происходит в ядре агломерации, т. е. в г. Алматы. Выявлено, что содержание кадмия в почвах всей агломерации, и особенно в г. Алматы, по сравнению с другими металлами, превалирует. Выявленные аномалии загрязнения подвижными формами Cd, Pb, Cu, Ni, Zn, Co носят локальный характер и обусловлены в основном влиянием автотранспорта, полигонами ТБО и ТЭЦ. В то же время необходимо отметить, что содержание большинства рассматриваемых металлов в почвенном покрове снижается, возможно это обусловлено ужесточением требований к качеству ГСМ, а также газификацией некоторых населенных пунктов и крупных ТЭЦ, расположенных в г. Алматы.

*Работа выполнена в рамках грантового финансирования Комитетом науки Министерства Республики Казахстан № AP05133353 “Мониторинг уровня концентрации и распределения токсичных соединений в снежном покрове на территории Алматинской агломерации и оценка их влияния на природные объекты”.*

#### Литература

1. Вишнева Ю.С. Влияние автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска тяжелыми металлами / Ю.С. Вишнева, Л.Ф. Попова // Вестник Северного (Арктического) Федерального университета. Серия естественные науки. Архангельск, 2016. № 2. С. 32–41. DOI: 10.17238/issn2227-6572.2016.2.32
2. Иванов Д.В. Тяжелые металлы в почвах Республики Татарстан (обзор) // Российский журнал прикладной экологии. Казань. 2015. № 4 (4). С. 53–60.
3. Корляков И.Д. Тяжелые металлы и металлоиды в почвенном покрове города Улан-Удэ / И.Д. Корляков, Н.С. Каисмов, Н.Е. Кошелева // Вестник Пермского Национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. Пермь, 2019. № 3 (35). С. 120-137. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.03.09
4. Сакиева З.Ж. Уровень загрязнения почв тяжелыми металлами в РК / З.Ж. Сакиева, А.А. Крамбаева // Вестник КазНТУ. 2015. № 4. С. 96–100.
5. Колесников С.И. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства чернозема обыкновенного / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков // Экология. 2000. № 3. С. 193–201.
6. ГН 2.1.72041–06. Гигиенические нормативы “Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве”.
7. Совместный приказ Министерства здравоохранения РК от 30.01.2004 г. № 99 и Министерства охраны окружающей среды РК от 27.01.2004 г. № 21-п.
8. Мониторинг состояния окружающей среды. URL: <https://kazhydromet.kz/ru/bulleten/okrsreda?year/> (дата обращения: 01.05.2020).
9. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан МНЭ РК. Астана, 2017. 353 с.

10. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан МНЭ РК. Астана, 2018. Вып. 4 (222). 200 с.
11. Панин М.С. Загрязнение окружающей среды / М.С. Панин. Алматы: Изд-во “Раритет”, 2011. 668 с.
12. Соколов А.А. Природные зоны Казахстана / А.А. Соколов // Агрехимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область. М.: Наука, 1968. С. 9–24.
13. Дурасов А.М. Почвы Казахстана / А.М. Дурасов, Т.Т. Тазабеков. Алма-Ата: Кайнар, 1981. 152 с.
14. Курмангалиев А.Б. Сероземы. Характеристика почв республики // Агрехимическая характеристика почв СССР. Казахстан и Челябинская область / А.Б. Курмангалиев. М.: Наука, 1968. С. 82–99.
15. Виноградов А.П. Введение в геохимию океана / А.П. Виноградов. М.: Наука, 1967. 216 с.
16. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. № 2.1.7.1287–03. М.: СанПиН. РФ, 2003.
17. Gadde R.R. Studies of heavy metal adsorption by hydrous iron and manganese oxides / R.R. Gadde, H.A. Laitinen // Anal. Chem. 1974. № 46. 2022 p.
18. Forbes E.A. The specific adsorption of divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on goethite / E.A. Forbes, A.M. Posner, J.P. Quirk // J. Soil Sci. 1976. № 27. 154 p.