

УДК 631.421.2

**Г. А. Амбарян**, експерт отдела почвоведческих и биологических экспертиз Национального бюро экспертиз Республики Армения,

**А. В. Сантросян**, начальник отдела экологической экспертизы Национального бюро экспертиз Республики Армения,

**Ю. Р. Ишханян**, эксперт отдела экологической экспертизы Национального бюро экспертиз Республики Армения

## МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

*Изучено состояние почвы ряда территорий Республики Армения. Особенно выделены результаты мониторинга почвы города Ереван. Материалом исследования служили почвенные пробы из районов города Еревана с разным уровнем техногенного загрязнения. Обоснована необходимость разработки норм ориентировочно допустимых концентраций веществ и перехода к системе нормирования концентраций с учетом особенностей конкретных регионов.*

*Ключевые слова: предельно допустимая концентрация, тяжелые металлы, степень загрязненности, гигиеническая оценка опасности загрязнения, ориентировочно допустимая концентрация.*

Как известно, территории мегаполисов испытывают высокую антропогенную нагрузку, которая в ряде случаев приводит к сильной загрязненности почв тяжелыми металлами. В крупных городах поступление тяжелых металлов в почву обусловлено в первую очередь выбросами автотранспорта, промышленных предприятий, тепловых электростанций, миграцией из свалок и открытых карьеров. Отметим, что валовое содержание тяжелых металлов в естественных незагрязненных почвах обусловлено их концентрацией в исходной материнской породе и находится под влиянием почвообразовательных процессов и почвенных характеристик, таких как содержание органического вещества, реакция среды, гранулометрический состав. Однако изменение уровня концентрации тяжелых металлов в почве происходит в основном под влиянием антропогенного фактора.

Тяжелые металлы относятся к преобладающим загрязняющим веществам, наблюдения за которыми обязательны во всех средах. Накопление загрязняющих химических элементов в городских почвах в значительной степени связано с промышленными предприятиями и их отходами, выбросами и сбросами. Почвы, окружающие промышленные предприятия различного профиля, как правило, содержат токсичные элементы в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) в десятки и сотни раз. И именно ПДК химических веществ в почве является основным

критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почв вредными веществами.

Как известно, ПДК представляет собой комплексный показатель безвредного для человека содержания химических веществ в почве, поскольку используемые при их научном обосновании критерии отражают все возможные пути опосредованного воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. При этом каждый из путей воздействия оценивается количественно с обоснованием допустимого уровня содержания веществ по каждому показателю вредности. Наименьшее из обоснованных уровней содержания является лимитирующим и принимается за ПДК вещества, так как отражает наиболее уязвимый путь воздействия данного токсиканта.

Предельно допустимая концентрация веществ в почвенном слое устанавливается с учетом его фоновой концентрации, стойкости и токсичности. При этом ПДК – это концентрация химического вещества в слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды, здоровье человека и на самоочищающуюся способность почвы. Таким образом, важно подчеркнуть, что ПДК загрязняющих веществ в почвах определяется не только их химической природой и токсичностью, но и особенностями самих почв.

На территории Республики Армения значения предельно допустимых концентраций химических веществ утверждены приказом Министра здравоохранения Республики Армения от 25 января 2010 г. В контексте этого приказа необходимо выделить научную работу Американского университета Армении, выполненную по инициативе *Center for Responsible Mining* и посвященную исследованию почв на территориях детских садов и школ некоторых экологически наиболее неблагополучных областей республики. Основные результаты анализа проб, взятых с территорий города Капан, а также поселков Сюник и Ачанан Сюникской области, приведены в табл. 1. В целях получения межлабораторных сравнительных анализов, в аккредитованных лабораториях Центра мониторинга воздействия на окружающую среду Министерства охраны природы РА и ООО «ЭкоАтом» сотрудниками университета были проведены общие исследования на наличие металлов в 9-ти пробоотборах (табл. 1, строка «фоновая концентрация»).

Полученные результаты свидетельствуют, что уровень опасности загрязнения территорий детских садов и школ упомянутых населенных пунктов высокий. Как видно из табл. 1, фактическое суммарное количество всех химических элементов в несколько раз превышает гигиенические нормы ПДК, однако степень зараженности этих почв, согласно ориентировочно оценочной шкале опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения, как не странно, допустимая, т. е. по факту мы имеем взаимоисключающие результаты.

Анализируя значения среднегеометрических концентраций тяжелых металлов первого класса опасности, таких как свинец, кадмий, медь, мышьяк, которые приведены в табл. 1, отметим, что на сегодняшний день ПДК в почвах разрабатываются главным образом только с гигиенических пози-

ций, они не учитывают многообразия почв, в частности, их свойства. При этом складывается парадоксальная ситуация, когда фоновое содержание токсичных элементов в почвах может превышать установленные значения ПДК, что мы и имеем в приведенных результатах исследования почв упомянутых районов. При этом выращиваемая на них продукция в полной мере может соответствовать принятым нормативам. Для населения, адаптированного к фоновым условиям места проживания, могут быть совсем другие нормы, регламентирующие качество почвы.

Приведенные примеры дают основание считать ошибочным применение единых норм ПДК для определения степени загрязненности почвы для всей территории Армении, следовательно, появляется необходимость в разработке норм ОДК (ориентировочно допустимых концентраций) и переходе к системе нормирования концентраций с учетом особенностей конкретных регионов (региональные или территориальные): региональные нормы ОДК химических веществ в почве позволят дифференцированно подходить к оценке эколого-гигиенического состояния почв различных регионов.

Таблица 1

**Результаты анализов проб почв,  
взятых с территорий Сюникской области Республики Армения**

Химические элементы		Мышьяк (As)	Кадмий (Cd)	Медь (Cu)	Свинец (Pb)
ПДК, мг/кг		2	–	3	32
Школы/ детсады	Кол-во проб	Среднеарифметическая концентрация, мг/кг			
<b>г. Капан</b>					
Детсады-10	41	12,7–35,38	0,14–0,98	190,56–828,02	13,43–45,51
Школы-9	45	13,36–39,65	0,16–0,57	87,71–584,08	10,4–50,69
<b>с. Сюник</b>					
Детсад-1	5	50,82	0,74	339,47	22,71
Школа-1	5	24,29	0,2	869,95	19,33
<b>с. Ачанан</b>					
Школа-1	3	15,94	0,65	735,61	20,30
Фоновая концентрация	9	16,7	0,31	103,8	21,0

Заметим, что внедрение региональных норм ОДК химических веществ даст возможность реальной оценки целесообразности создания тех или иных видов производств в отдельных регионах на территории Армении с учетом фоновых концентраций химических веществ в почве региона (территории), обеспечит условия для более обоснованной экспертной оценки воздействия предлагаемого производства на окружающую среду.

Что же касается Еревана, столицы и крупнейшего по численности населения и площади города Армении, то, к сожалению, загрязнение городских почв мало исследовано, в свете испытываемых территориями Еревана высоких антропогенных нагрузок.

Известно, что в процессе урбанизации формируется новая природно-городская система, состоящая из природных экосистем, промышленных зон, транспортных магистралей и др. Вдобавок происходит образование новых типов искусственно созданных систем в результате деградации, уничтожения или замещения природной среды. Однако, почвы в городе подвержены воздействию тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы (климат, рельеф, материнские породы, растительный и животный мир), но при ведущем антропогенном факторе, который воздействует на почву прямо или косвенно, изменяя природные факторы почвообразования. В то же время особенности антропогенного фактора определяются типом хозяйственного использования и историей развития территории. В результате формируются специфические типы почв или почвоподобных тел<sup>1</sup>. Городские почвы – это почвы, имеющие созданный в результате деятельности человека поверхностный органно-минеральный слой, полученный перемешиванием, насыпанием, погребением и (или) загрязнением материалами урбаногенного происхождения (строительно-бытовой мусор и др.). Главные отличия городских почв от естественных:

- формирование почв на насыпных, намывных или перемешанных грунтах и культурном слое;
- наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
- высокая степень загрязнения, в том числе токсичными химическими элементами, нефтепродуктами и т. д.;
- изменение кислотно-щелочного баланса и окислительно-восстановительного потенциала;
- изменение физико-механических свойств почв (пониженная влагоемкость, повышенная уплотненность и другие особенности).

Основными функциями городской почвы являются пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность адсорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-

---

<sup>1</sup> Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами, утвержденный Минприроды России 18 ноября 1993 г., Роскомземом 10 ноября 1993 г. и согласованный с Минсельхозом России, Госкомсанэпиднадзором России, Россельхозакадемией. Почва, город, экология / отв. ред. Г. В. Добровольский. М., 1997.

грунтовые воды<sup>1</sup>. При попадании на поверхность почвы тяжелые металлы в первую очередь вступают в контакт со слоем подстилки или опада, которые проявляют себя по-разному. С одной стороны, они служат ловушкой для тяжелых металлов, а с другой – насыщенность водорастворимыми органическими соединениями способствует трансформации металлов в более миграционно-активную форму. Влияние тяжелых металлов на компоненты экологической системы обусловлено взаимодействием с компонентами почвенного раствора и почвенно-поглощающего комплекса (ППК) (за счет осадкообразования, ионного обмена, комплексообразования), изменением ППК и структурного состояния почв, их плотности, влажности и, как следствие, изменением микробиологической активности. Таким образом, происходит изменение массы и состава растительного опада, характера его разложения, трансформация гумусового состояния почв. Изменение свойств почв приводит к изменению почвенных процессов и режимов<sup>2</sup>.

Аномалии тяжелых металлов, как правило, распространяются на расстояния до 10 км от источника, что связано с преимущественной приуроченностью металлов к пылевой фракции промышленных выбросов. При определении влияния конкретного предприятия или промышленной зоны на загрязнение прилегающих экосистем тяжелыми металлами важно обратить внимание на структуру загрязнения (поступление металлов происходит в результате промышленных выбросов, размещения отходов производства или сбросов со сточными водами), поскольку металлы, содержащиеся в отходах, не перемещаются на значительные расстояния и могут являться источниками лишь локального загрязнения, в отличие от промышленных выбросов. Следует отметить, что по причине нехватки площадок хранения и захоронения твердых отходов, оборудованных надлежащим образом, увеличивается опасность водной и воздушной миграции компонентов отходов, содержащих тяжелые металлы, что увеличивает площадь и степень загрязнения прилегающих территорий. Необходимо иметь в виду и форму, в которой находятся тяжелые металлы.

Вторым по влиянию источником тяжелых металлов в почвах (а в случае Еревана, возможно, и первым) является автомобильный транспорт с выхлопами газов автомобильных двигателей, работающих на этилированном бензине и выбрасывающих на поверхность почв большое количество свинца<sup>3</sup>. Тяжелые металлы поступают в окружающую среду как в ходе эксплуатации самого автотранспорта, так и при стирании дорожного покрытия.

<sup>1</sup> Бычинский В. А., Ващукевич Н. В. Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города. Иркутск: Изд. Иркут. ун-та, 2007. С. 106; Добровольский Г. В. Почва, город, экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.

<sup>2</sup> Агроэкологическая оценка состояния почв в системе почва – растение/ В. И. Савич, В. А. Седых, Д. Н. Никиточкин и др. М.: Изд-во ВНИИА, 2012. 360 с.; Известкование почв, загрязненных тяжелыми металлами/А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина, Ю. В. Алексеев, Л. В. Яковлева. *Агрохимия*. 2004. № 3. С. 48–54.

<sup>3</sup> Оценка состояния почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий. Серия: Экологическое сопровождение градостроительной деятельности/ А. С. Курбатова, С. А. Герасимова, Т. В. Решетина и др. М.: Науч. мир, 2005. С. 115.

В результате от автотрасс в почву поступают свинец, кадмий, железо, никель, цинк, марганец и другие элементы. Свинец – первый элемент, который необходимо рассматривать при оценке влияния транспорта на состояние почв<sup>1</sup>. Ширина дорожных аномалий свинца составляет около 50–100 м, реже может достигать 300 м<sup>2</sup>. Наибольшая концентрация свинца в почве прослеживается на расстоянии 1–2 м от дороги, достигая концентрации 500–600 мг/кг<sup>3</sup>. Почва придорожной зоны также сильно загрязняется цинком, содержание которого может достигать 400 мг/кг при фоновом содержании 30–220 мг/кг<sup>4</sup>.

В результате износа шин и использования асфальтобетона в окружающую среду поступает кадмий. Проблема усугубляется использованием кадмий-содержащих отходов для изготовления дорожных покрытий. Кроме того, смазочные и дизельные масла, некоторые детали двигателей, шасси также могут быть источниками кадмия. Никель и хром являются продуктами износа покрытий кузовов, а при истирании частей двигателя выделяется железо<sup>5</sup>.

Рассматривая экогеохимическое состояние почв земельного фонда Еревана, с учетом влияния работы автомобильного транспорта, необходимо иметь в виду, что уровень загрязнения почв вблизи автодорог ниже, чем в аналогичных мегаполисах не только из-за того, что использование бензина в настоящее время в Ереване ограничено, но и в связи с тем, что в Республике и, в частности, в городе Ереване более 60 % автомобилей работают на сжиженном газе. Однако, несмотря на это, транспорт все же является значительным источником тяжелых металлов в городской среде, испытывающей высокие транспортные нагрузки.

В ряде работ к тяжелым относят более 40 металлов с атомной массой свыше 50 атомных единиц, а в некоторых – металлы с плотностью более 80 г/см<sup>3</sup> (свинец, медь, никель, кадмий, кобальт, олово, селен, висмут, ртуть)<sup>6</sup>. Тяжелые металлы являются не только загрязняющими веществами, но и природными микрокомпонентами почв. Их содержание обусловлено механическим и химическим составом почвообразующей породы, а также характером почвообразовательных процессов. Фоновое содержание элементов в почвах соответствует естественным концентрациям в почвах различных

<sup>1</sup> Сьтник К. М., Брайон А. В., Гордецкий А. В. Биосфера, экология, охрана природы (справочник). Киев: Наук. думка, 1987. 523 с.

<sup>2</sup> Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах/под ред. Н. Г. Зырина и Л. К. Садовниковой. М.: Изд-во МГУ, 1985. С. 120.

<sup>3</sup> Дабахов М. В., Дабахова Е. В., Титова В. И. Экотоксикология и проблемы нормирования. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. 165 с.

<sup>4</sup> Грановский Э. И., Неменко Б. А. Современные методы определения тяжелых металлов и их применение для биологического мониторинга (аналитический обзор). Алма-Ата: КазНИИНТИ, 1990. 94 с.

<sup>5</sup> Миронов А. А., Евгеньев И. Е. Автомобильные дороги и охрана окружающей среды. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1986. 284 с.

<sup>6</sup> Оценка состояния почв и грунтов при проведении инженерно-экологических изысканий.

почвенно-климатических зон, не испытывающих заметного антропогенного воздействия. В силу антропогенных процессов элементы поступают в почву непрерывно, поэтому вопрос фоновое содержания может рассматриваться лишь условно, поскольку этот суммарный фон имеет и природную, и антропогенную составляющую.

В таких городах, как Ереван, цинк поступает в придорожное пространство в результате истирания различных деталей, эрозии оцинкованных поверхностей, износа шин, за счет использования в маслах присадок, содержащих этот металл. Много почв загрязнено цинком также в результате деятельности металлургических заводов с устаревшей технологией, когда массы пыли и дыма, обогащенных свинцом и цинком попадали в окружающую среду через газообразные выбросы.

Таким образом, приведенная информационная оценка состояния тяжелых металлов в почвах Еревана показывает, что, как не печально, но проблема деградации почв в результате различных антропогенных воздействий с каждым годом приобретает все более острый характер. Поскольку существенный вклад в деградацию почвенного покрова Еревана вносит загрязнение тяжелыми металлами, были исследованы почвенные пробы с глубины до 10 см, из ряда муниципальных образований города Еревана с разным уровнем техногенного загрязнения:

— садово-парковый микрорайон, расположенный в непосредственной близости от малого центра, образец № 1;

— микрорайоны, непосредственно прилегающие к малому центру, образцы № 2, № 4, № 8, № 9;

— малый центр, образец № 3;

— микрорайоны, в которых расположены промышленные предприятия, образцы № 5, № 6, № 7, № 10.

Во всех отобранных почвенных образцах методом атомно-абсорбционной спектроскопии (прибор ААС серии 55А фирмы *Agilent Technologies*) были определены концентрации таких тяжелых металлов: медь, свинец, цинк, кобальт, хром, марганец, никель. Результаты выполненных спектрометрических исследований, а также расчетные минимальные, средние и максимальные показатели содержания тяжелых металлов в почвах города Еревана приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов в почвах города Еревана, мг/кг**

	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
Образец № 1	4,58	43,65	75,3	12,52	58,64	29,7	587,4
Образец № 2	12,54	317,6	80,6	15,4	60,5	48,9	695,7
Образец № 3	16,55	345,8	97,5	16,3	59,7	32,4	618,3
Образец № 4	7,86	352,4	85,6	18,5	62,9	30,2	603,7

Окончание табл. 2

	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Co</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>
Образец № 5	28,74	338,9	121,3	19,7	78,5	86,7	986,5
Образец № 6	27,87	348,7	127,6	19,2	76,7	81,5	834,6
Образец № 7	29,85	325,4	133,7	20,3	81,3	121,8	1486,7
Образец № 8	21,53	205,7	78,9	16,8	64,6	31,4	793,8
Образец № 9	26,57	336,8	101,3	17,6	69,2	32,3	849,6
Образец № 10	31,86	368,2	157,5	24,2	97,4	127,6	1675,3
ПДК, мг/кг	3	32	23	5	6	4	400
Максимальное значение	31,86	368,2	157,5	24,2	97,4	127,6	1675,3
Минимальное значение	4,58	43,65	75,3	12,52	58,64	29,7	587,4

Анализ приведенных в табл. 2 значений, с учетом пространственно-территориального распределения тяжелых металлов в почве, показал, что основная антропогенная нагрузка в городе Ереване приходится на земли общего пользования, при этом, как в малом центре, так и в микрорайонах, в которых расположены промышленные предприятия, наблюдается повышенная концентрация в почвах свинца, содержание которого превышает ПДК почти в 12 раз. Так, в составе почвы всех исследуемых муниципальных образований концентрация свинца была превышена по ПДК от 1,5 до 12 раз, концентрация меди по ПДК – от 1,5 до 11 раз, концентрация никеля по ПДК – от 7,5 до 32 раз и т. д.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что загрязнению наиболее подвержены почвы промышленных зон и автомобильных перекрестков, при этом свинец является основным загрязнителем почв города Еревана, поскольку *его уровень вредности намного выше остальных*. Немаловажно также подчеркнуть, что на урбанизированной территории города и вблизи промышленных зон прослеживается тенденция к накоплению таких тяжелых металлов, как никель и медь.

Рассматривая практическую значимость полученных результатов, необходимо особо отметить, что научные и природоохранные организации города Еревана при мониторинге и диагностике экологического состояния почв и их загрязнения химическими веществами, оценки воздействия на окружающую среду должны руководствоваться следующим подходом: в городских условиях с повышением нагрузки тяжелых металлов на почву будет возрастать риск их воздействия на человека через такую экологическую цепь, как «загрязненная тяжелыми металлами почвенная пыль – органы

дыхания», ведущая к хронической интоксикации организма с последующим инициированием различного рода патологий. Также должны быть учтены негативные явления, вызванные потоками дождевых и селевых вод, которые приводят к загрязнению тяжелыми металлами рек, протекающих по территории города и используемых в дальнейшем для полива трансграничных сельскохозяйственных угодий Еревана.

### **МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ДЕЯКИХ РЕГІОНІВ РЕСПУБЛІКИ ВІРМЕНІЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

*Амбарян Г. А., Сантросян А. В., Ишханян Ю. Р.*

*Вивчено стан ґрунту ряду територій Республіки Вірменія. Особливо виділено результати моніторингу ґрунту міста Єреван. Матеріалом дослідження слугували ґрунтові проби з районів міста Єревана з різним рівнем техногенного забруднення. Обґрунтована необхідність розроблення норм орієнтовно припустимих концентрацій речовин і перехід до системи нормування концентрацій з урахуванням особливостей конкретних регіонів.*

*Ключові слова: гранично припустима концентрація, важкі метали, ступінь забруднення, гігієнічна оцінка небезпеки забруднення, орієнтовно припустима концентрація.*

### **MONITORING OF SOILS CONTAMINATION OF SOME REGIONS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA WITH HEAVY METALS**

*Hambaryan G. A., Santrosyan A. V., Ishkhanyan Yu. R.*

*The paper is devoted to the problems of soils contamination of some regions of the Republic of Armenia and a city of Yerevan with heavy metals. The results of analyses of the selected soil tests for the purpose of definition of their contamination degree with heavy metals are listed. The statistical data on the background concentration of heavy metals in various soil-climatic zones of the Republic of Armenia, not influenced with appreciable anthropogenous impact is also given. The comparative analysis on presence of polluting chemical elements in soil is carried out for the approved norms of maximum permissible concentration and background indicators. The authors consider possible negative influences on environment as a result of soils contamination, in particular on biological activity of soil and processes of its self-cleaning. It's noticed that maximum permissible concentrations are mainly developed only from hygienic positions which do not consider the variety of soils, in particular, their properties. As an example there are described the results of soils researches of some regions of the Republic of Armenia and there is noticed that a paradoxical situation arises when background contents toxic elements in soils exceed the established values of maximum permissible concentration. In the paper there is arisen the question on necessity of working out and introducing in practice ecological monitoring of the system of tentatively permissible quantity of chemical elements in soil, taking into account background concentration of heavy metals in various soil-climatic zones. Introduction of the specified system will allow reasonably and, what very important, reliably to estimate an ecological condition of soils and to define the influence of contamination on qualitative characteristics of soil as a result of anthropogenous influence.*

*Keywords: maximum permissible concentration, heavy metals, contamination degree, hygienic estimation of pollution danger, tentatively permissible quantity.*