

УДК 504.53.054 : 631.41

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОД ВЛИЯНИЕМ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК (МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Ю.С. Иванова, В.Н. Горбачев

*Ульяновский государственный университет*

Показано, что несанкционированные свалки бытовых отходов являются источником загрязнения почв тяжелыми металлами. Охарактеризованы возможные негативные медико-экологические последствия такого загрязнения.

**Ключевые слова:** несанкционированные свалки бытовых отходов, загрязнение почв тяжелыми металлами.

**Введение.** На территории города действует множество источников загрязнения почвенного покрова, которые различаются по интенсивности воздействия, набору загрязняющих веществ, характеру и контрастности образуемых геохимических аномалий. Наиболее загрязненные зоны, образуемые под действием постоянных источников загрязнения (промышленные предприятия, транспорт, полигоны твердых бытовых отходов (ТБО)), как правило, обособляются в рамках зонирования городской территории, и на них распространяются особые требования землепользования и застройки. Сложнее ситуация обстоит с так называемыми бесконтрольными источниками загрязнения городской территории, к которым относятся несанкционированные свалки ТБО. Такие свалки образуются в селитебных, рекреационных (лесных, водоохраных, парковых) зонах города, где не исключено влияние загрязненных почв на человека и где существует риск загрязнения сопредельных сред. В литературе отмечается, что почвы селитебных ландшафтов, занимая сравнительно небольшие площади, играют большую роль в эколого-геохимическом состоянии биосферы, имеют важное медико-биологическое значение [1], а максимальный риск негативного воздействия почв на человека имеет место в жилых, общественных и водоохраных зонах [7].

Несанкционированные свалки ТБО наряду с другими источниками загрязнения приносят в почвенный покров города тяжелые металлы (ТМ) и, соответственно, изменяют

эколого-геохимическую обстановку на локальных участках, которые могут различным образом использоваться населением.

**Цель исследования.** Дать медико-экологическую оценку загрязнения тяжелыми металлами почв, занятых несанкционированными свалками.

**Материалы и методы.** На территории г. Ульяновска исследовались участки несанкционированных свалок, существующих в течение многих лет и являющихся наименее изученным фактором антропогенного воздействия на почвенный покров города. На участках свалок согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 отбирались пробы почвогрунта с глубин 0...5 и 5...20 см с использованием метода «конверта». Из проб составлялись смешанные образцы, доводились до воздушно-сухого состояния и поступали на анализ в химико-аналитическую лабораторию Научно-исследовательского технологического института Ульяновского государственного университета [3].

Всего было отобрано 280 точечных проб, из которых составлено 56 смешанных образцов. Содержание ТМ (Zn, Cu, Pb, Cd, Cr) определялось методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой: валовых форм – с применением микроволнового способа разложения проб; подвижных форм – с извлечением ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8. Обработка результатов проводилась с использованием компьютерной программы Microsoft Excel 2007.

**Результаты и обсуждение.** Под влиянием несанкционированных свалок в почвах накапливаются ТМ: Zn, Cu, Pb, Cd, Cr [3]. Из исследуемых ТМ хром, медь и цинк являются эссенциальными элементами (необходимыми для жизни, или микроэлементами), а свинец и

кадмий – неэссенциальными. В литературе описаны патогенетические механизмы действия химических факторов на организм человека [8] в виде зависимости между недостаточным и избыточным содержанием химических элементов и развитием патологии (рис. 1).



**Рис. 1.** Зависимость между недостаточным и избыточным поступлением эссенциальных (сплошная линия) и неэссенциальных (пунктирная линия) элементов в развитии патологии у человека (по А.Н. Стожарову, 2007)

Содержание ТМ в почвенном покрове населенных пунктов является эколого-геохимическим фактором среды обитания человека и других живых организмов: содержание того или иного металла на уровне фона является оптимальным, на уровне ниже ПДК (ОДК) теоретически считается безопасным, на уровне выше ПДК (ОДК) может стать лимитирующим.

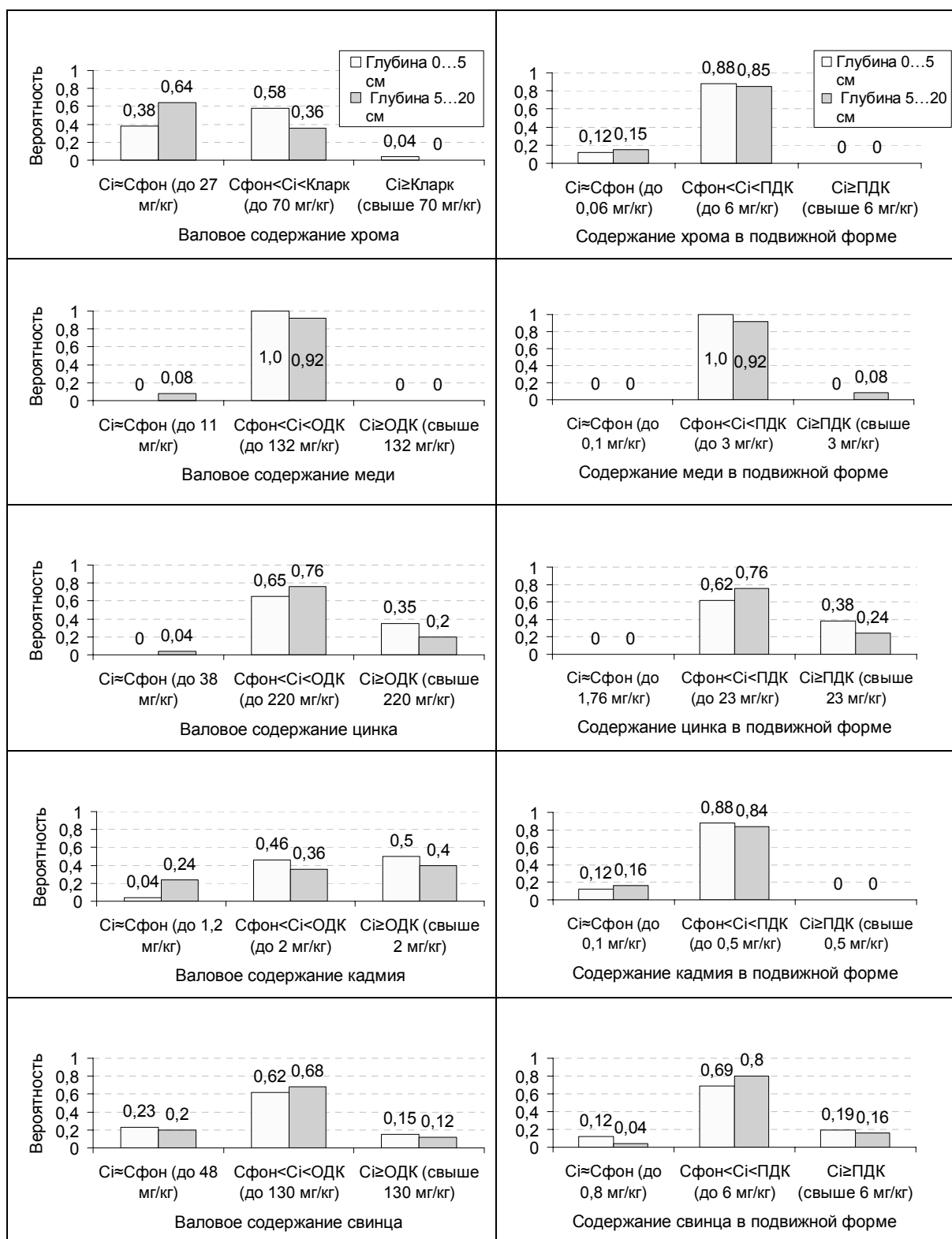
На основе этих представлений по результатам проведенных исследований были составлены графики вероятности загрязнения почв на участках несанкционированных свалок, по которым оценена вероятность отклонения от оптимального и безопасного уровня содержания ТМ в почвах (рис. 2).

Области, обозначенные на графиках данного рисунка интервалами  $[С_{фон} \leq C_i < \text{Кларк}/\text{ОДК}]$  для валового содержания и  $[С_{фон} \leq C_i < \text{ПДК}]$  для подвижных форм металлов (вторые столбцы графиков) соответствуют гигиенически безопасным концентрациям ТМ (пояснения даны в подписи рисунка). На рис. 2 видно, что большинство полученных значений попадают именно в этот интервал, т.е. с высокой веро-

ятностью превышают фоновый уровень, но не всегда достигают ПДК (ОДК).

Для хрома и меди вероятность превышения гигиенических нормативов близка к нулю или мала: практически все значения лежат в области гигиенически безопасных концентраций, хотя и превышают геохимический фон г. Ульяновска. Наиболее загрязненные хромом и медью участки территориально приурочены к зоне ветхой и неблагоустроенной жилой застройки. Загрязнение почв этими металлами происходит и при открытом размещении отходов строительства, ремонта и (или) сноса зданий, сооружений, которые образуются в индивидуальных домохозяйствах и впоследствии бесконтрольно размещаются на несанкционированных свалках.

Известно, что хром и медь как микроэлементы жизненно необходимы живым организмам. Однако избыток данных металлов в окружающей среде, в том числе в почве, приводит к возникновению болезней растений, животных и человека. Попадание в организм человека повышенных доз меди проявляется в болезнях печени и желудка [6].



**Рис. 2.** Вероятность загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова на участках несанкционированных свалок бытовых отходов (С<sub>г</sub> – содержание ТМ в образцах со свалок; С<sub>ф</sub> – содержание ТМ в контрольных образцах; Кларк – кларковая концентрация (указана только для валового содержания хрома); ОДК – ориентировочно допустимая концентрация валового содержания ТМ для суглинистых почв; ПДК – предельно допустимая концентрация содержания подвижных форм ТМ; в скобках указаны соответствующие концентрации)

При избытке хрома в растениях снижается содержание большинства незаменимых макро- и микроэлементов (калия, фосфора, железа, марганца, меди, бора), снижается рост и развитие растений, увядает надземная часть, повреждается корневая система, появляется хлороз молодых листьев. Избыток хрома в растительной продукции отрицательно влияет на животных и человека: изменяется иммунологическая реакция организма, снижаются репаративные процессы в клетках, ингибируются ферменты, поражается печень [6].

Загрязнение цинком наблюдается значительно чаще: на всех исследованных участках превышен фоновый уровень, при этом содержание подвижного цинка достигает аномальных концентраций (5–9 ПДК). Характерным цинксодержащим компонентом бытовых отходов являются широко распространенные предметы бытовой утвари с цинковым покрытием, которые в условиях агрессивной среды на свалке проявляют слабую коррозионную устойчивость, быстро разрушаются и загрязняют субстрат цинком.

Цинк необходим для жизнедеятельности человека и животных. Однако более трети всех исследованных участков содержат цинк в избыточных количествах. Содержание подвижного цинка в почве нормируется по транслокационному показателю вредности, поэтому цинковое загрязнение отрицательно влияет на развитие растений. Симптомом цинкового токсикоза является хлороз молодых листьев. Ввиду антагонизма между цинком и другими элементами при избыточном поступлении цинка в растения может наблюдаться торможение притока меди и железа [6]. При избыточном содержании цинка в кормах животных у последних снижается прирост живой массы, появляется депрессия в поведении [2].

Загрязнение свинцом наблюдается несколько реже, чем загрязнение цинком, но при этом аномальные концентрации на порядок выше, чем для всех остальных металлов, и достигают 15–29 ПДК. В случаях сильного загрязнения почвы свинцом основную роль играет компонентный состав

отходов, размещаемых на несанкционированных свалках. На исследованных участках характерными отходами являются осколки кинескопного стекла, имеющего свинцовое напыление.

Избыток свинца в растениях ингибирует дыхание и подавляет процессы фотосинтеза, иногда приводит к увеличению содержания кадмия (синергизм) и снижению поступления цинка, кальция, фосфора, серы (антагонизм). Вследствие этого не только снижается урожайность растений, но и резко ухудшается качество производимой продукции. Считается, что концентрация свинца свыше 10 мг/кг сухого вещества является токсичной для большинства культурных растений. Отметим, что среднее содержание свинца в почвах, занятых исследованными свалками, превышает 100 мг/кг. При свинцовом токсикозе у животных и человека в первую очередь поражаются органы кроветворения (анемия), нервная и сердечно-сосудистая системы, почки, органы половой системы. Угнетается активность многих ферментов, нарушаются процессы метаболизма и биосинтеза [6].

Содержание кадмия в почвах г. Ульяновска, занятых несанкционированными свалками ТБО, имеет характерную особенность: 50 % всех исследованных участков потенциально загрязнены кадмием (валовое содержание достигает 0,9–1,9 ОДК), но при этом не отмечено ни одного случая превышения ПДК подвижными соединениями данного металла. Однако существует потенциальная угроза загрязнения почв токсичными соединениями кадмия при разрушении сорбционного барьера или их подкислении при выпадении кислотных осадков. Отмечено, что более всего кадмием загрязнены образцы почв, содержащие включения полимерных отходов со следами термического разложения, а также почвогрунты старых мусорных свалок, где происходит разложение бытовых отходов в условиях повышенного увлажнения.

Кадмий, подобно свинцу, токсичен, и накопление его в повышенных количествах опасно для живых организмов. Кадмий способен сравнительно легко поступать в рас-

тения из почвы через корневую систему. Растения обладают разной способностью аккумулировать его в товарной (съедобной) части. Особенно легко кадмий адсорбируется картофелем и пшеницей и поступает в пищу человека и животных. Основной причиной токсичности кадмия для растений считается нарушение активности ферментов. Кроме того, кадмий тормозит фотосинтез, нарушает транспирацию и фиксацию, ингибирует биологическое восстановление NO<sub>2</sub> до NO. Фитотоксичность кадмия проявляется также в затруднении поступления и метаболизма в растения ряда элементов: Zn, Cu, Mn, Ni, Se, Ca, Mg, P (антагонизм) [6]. Существует опасность для здоровья и жизни человека и животных при потреблении в пищу растений, загрязненных кадмием. При этом внешне такие растения могут не иметь признаков отравления (токсичный для них уровень выше, чем для животных и человека). В животных организмах кадмий обладает способностью легко усваиваться из пищи и воды и проникать в различные органы и ткани. Кадмий ингибирует синтез ДНК белков и нуклеиновых кислот, влияет на активность ферментов, а его избыток нарушает усвоение и обмен других микроэлементов, может вызвать их дефицит. Достаточно длительное поступление кадмия в организм человека даже в небольших количествах может вызвать нарушение сердечно-сосудистой системы [2], образование злокачественных опухолей, болезнь Итай-Итай [2; 4].

Эколого-геохимическая опасность усугубляется тем, что ТМ имеют значительный период полувыведения из почвы: для цинка – 70–510 лет, для кадмия – 13–1100, для свинца – 740–5900, для меди – 310–1500 лет даже после устранения источника загрязнения [5].

**Заключение.** Несанкционированные свалки являются источником загрязнения почв тяжелыми металлами, которые выделяются из различных компонентов бытового мусора, бесконтрольно размещаемого на свалках. Верхний слой почвы на таких участках содержит избыточные количества ТМ. Большинство значений валового со-

держания хрома и меди лежит в области нормативно-безопасных для окружающей среды и здоровья человека концентраций; свинцом загрязнены 12–15 % всех проб; велика вероятность загрязнения почв кадмием и цинком – от 35 до 50 % проб. Кроме того, на участках несанкционированных свалок существует вероятность загрязнения почвы подвижными соединениями цинка (от 20 до 40 % проб) и свинца (от 10 до 20 % проб). Вероятность загрязнения подвижными формами хрома, меди и кадмия мала либо близка к нулю. Накопление ТМ постепенно увеличивает потенциальную токсичность почв.

Негативное воздействие загрязненных почв на человека может быть прямым (при пылении почв) либо косвенным (при употреблении в пищу растительной продукции, выращенной на данных участках или на участках, где когда-либо располагались несанкционированные свалки, а также при использовании в хозяйственно-питьевых целях поверхностных или подземных вод, испытывающих влияние свалок).

При поступлении ТМ в организм человека с выращенной на загрязненных почвах продукцией в первую очередь подвергаются риску органы пищеварительной системы. При хроническом поступлении металлов начинает действовать закон биологического накопления и мишенями становятся все остальные системы органов: нервная, сердечно-сосудистая, выделительная, половая. Впоследствии негативные изменения в организме происходят на клеточном уровне.

1. Горбачев, В.Н. Почвы и болезни / В.Н. Горбачев, Р.М. Бабинцева. – Ульяновск : Типография Облучинского, 2010. – 118 с.

2. Иванова, Ю.С. Эколого-геохимическая опасность локальных несанкционированных свалок на территории г. Ульяновска / Ю.С. Иванова // Ульяновский медико-биологический журнал. – 2011. – №1. – С. 136–141.

3. Ковда, В.А. Микроэлементы в почвах Советского Союза / В.А. Ковда, И.В. Якушевская, А.Н. Тюрюканов; отв. ред. А.И. Перельман. – : Изд-во Московского ун-та, 1959. – 65 с.

4. Скальный, А.В. Биоэлементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. – М. : ОНИКС 21 век : Мир, 2004. – 271 с.

5. Смагин, А.В. Экологическая оценка и технологии менеджмента городских почвенных ресурсов / А.В. Смагин // Докл. по экологическому почвоведению. – 2009. – №1. – Вып. 11. – С. 1–61.

6. Стожаров, А.Н. Медицинская экология / А.Н. Стожаров. – Минск : Высш. шк., 2007. – 368 с.

7. Техногенез и эколого-геохимические особенности почв селитебных ландшафтов

/ В.А. Алексеенко и др. // Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды : докл. международной школы. – Новороссийск : НИИ геохимии биосферы РГУ, 2003. – С. 4–11.

8. Эколого-геохимические изменения ландшафтов при загрязнении почв дальневосточных городов тяжелыми металлами / Т.И. Матвеевко и др. – Владивосток : Изд-во Дальневосточного ун-та, 2009. – 97 с.

## HEAVY METALS POLLUTION OF SOIL UNDER THE INFLUENCE OF ILLEGAL DUMPING (HEALTH AND ENVIRONMENTAL ASPECTS)

Yu.S. Ivanova, V.N. Gorbachev

*Ulyanovsk State University*

It is shown that the unauthorized dumping of household waste is a source of pollution of urban soils with heavy metals. Possible negative environmental consequences of geochemical pollution are described according to the data from the literature.

**Keywords:** unauthorized dumping of household waste, soil contamination with heavy metals.