

УДК 504.53.054:631.41(470.42)

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ЛОКАЛЬНЫХ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ СВАЛОК НА ТЕРРИТОРИИ г. УЛЬЯНОВСКА*

Ю.С. Иванова

Ульяновский государственный университет

Представлены результаты выполненного в 2010 г. эколого-геохимического исследования несанкционированных свалок г. Ульяновска, показавшего высокий уровень загрязнения почвы токсичными компонентами, что является актуальной экологической опасностью для окружающей природной среды и здоровья населения.

Ключевые слова: деградация почвенного покрова, загрязнение почвы, свалки, бытовой мусор.

Введение. Жизнедеятельность современного человека сопровождается ежедневным образованием определенного объема твердых бытовых отходов (ТБО), которые подлежат сбору и последующей утилизации или захоронению, однако в силу различных причин довольно часто просто выбрасываются населением на несанкционированные мусорные свалки.

Формирование таких локальных «точечных» свалок является весьма распространенной экологической проблемой не только городов, но и других населенных пунктов. Так, на территории г. Ульяновска насчитывается 154 свалки, а с учетом пригородной зоны 247 несанкционированных свалок, объем которых различен – от нескольких кубических метров до нескольких тысяч кубических метров; большинство из этих свалок расположено на землях селитебных и парковых зон [7].

Поскольку для ассимиляции твердых отходов человеком издревле эксплуатируется преимущественно твердая оболочка планеты – литосфера, то объекты размещения отходов в первую очередь оказывают воздействие именно на компоненты данной земной оболочки. В случае крупных полигонов и свалок – это недра и связанные с ними грунтовые воды, а в случае несанкционированных свалок – это преимущественно почвенный покров, который является не только компонентом литосферы, но и частью среды обитания самого человека.

В качестве объектов исследования были выбраны 17 участков несанкционированных свалок первой категории (объем которых более 100 м³) на территории г. Ульяновска (рис. 1).

Отметим, что в соответствии с Земельным кодексом и некоторыми нормативными документами размещение отходов в непредусмотренных для этих целей местах, а также на поверхности и в толще почвы, называется «захламлением» [5, 6], а в научных публикациях – «несанкционированными» или «стихийными свалками» [1].

Отходы на несанкционированной свалке размещены открытым способом и подвержены влиянию внешних факторов: временных потоков и фазовых переходов воды, перепадов среднесуточных и годовых температур, солнечной радиации, ветра, бактериальных сообществ с агрессивными продуктами жизнедеятельности и др. В толще свалки происходят процессы стабилизации (инертизации, ассимиляции) ТБО, выделяются фильтрат и свалочный газ, что приводит к уменьшению массы отходов и постепенному формированию свалочного грунта, который заменяет собой почвенный покров – важнейший экологический фактор в городской среде обитания человека. Данный свалочный почвогрунт – предмет нашего исследования – сам по себе становится негативным фактором окружающей среды, экологическое влияние которого предстояло выяснить.

* Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., ГК № П1691.



Рис. 1. Схема расположения пробных площадок и участков отбора контрольных образцов на территории г. Ульяновска

Цель исследования — оценка эколого-геохимической опасности локальных несанкционированных свалок на территории г. Ульяновска. Для этой цели решались две основные задачи:

1. Установить изменение химических параметров почвенного покрова на участках несанкционированных свалок ТБО.
2. Оценить локальные геохимические аномалии в зонах данных свалок как признак изменения эдафических (почвенных) факторов среды обитания человека.

Материалы и методы. 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.

В ходе исследований выполнено определение pH потенциометрическим методом; содержания органического вещества и аммонийного азота спектрофотометрическим методом; валовых форм Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, As

методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с применением микроволнового способа разложения проб; подвижных форм Zn, Cu, Pb, Cd, Cr методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с извлечением ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8; массовой доли общей ртути фотометрическим методом с дитизном. Кроме того, определялось общее содержание фосфора и серы, поскольку удельное содержание этих биогенных элементов в составе бытовых отходов довольно высокое, и в отдельных случаях они также могут рассматриваться как загрязнители почвы на участках несанкционированных свалок ТБО.

Результаты и обсуждение. Реакция почвенного раствора образцов, характеризующих несанкционированные свалки, преимущественно щелочная, изменяется от 7,21 до 9,14, что может быть вызвано как природными, так и антропогенными (техногенными) факторами, но, вероятнее всего, это результат их сочетания (содержание выщелоченных и искусственно привнесенных карбонатов из строительных отходов, насыпных грунтов, антигололедных реагентов и др.). Слабощелочная и щелочная pH улучшает буферную способность данных почв по отношению к

техногенному загрязнению токсичными формами металлов, однако действует губительно на древесные формы растений.

Биогенные элементы

Содержание *органического вещества* в почвогрунтах свалок ТБО колеблется в широких пределах – от 1,2 % в супесчаных до 12,4 % в суглинистых почвах. Некоторые разрезы характеризуются повышенным содержанием органического вещества с глубиной, что характерно для земель, ранее занятых огородами, для склонов, отсыпанных бытовым мусором, для погребенных (присыпанных) свалок на территории города.

Содержание *аммонийного азота* также характеризует уровень загрязнения почвы органическим веществом, а оценку почв по этому показателю целесообразно осуществлять путем сравнения с незагрязненной почвой [2]. В фоновых почвах содержание обменного аммония составляет 20–40 мг/кг; во всех образцах почвогрунта свалок данный показатель превышен и достигает максимальной величины 100 мг/кг. Содержание обменного аммония в слое 0–5 см превышает аналогичный показатель для глубины 5–20 см в 1,5–4,5 раза. Для фоновых почв этот показатель меняется в пределах 0,6–1,3 раза. Поверхностный слой почвы на участках свалок можно считать загрязненным аммонийным азотом на глубину 0–5 см. Загрязнение более глубокого горизонта происходит на свалках, которые используются населением длительное время (десятилетия), с одновременным достижением максимальных показателей (до 100 мг/кг) загрязнения и поверхностного слоя почвы. Территориально загрязняются земли селитебных, парковых, пограничных зон, а также пустырей.

По данным проведенных исследований можно сделать вывод, что процессы аммонификации весьма интенсивны в поверхностном слое почвы, подверженной загрязнению бытовыми отходами, а также в засыпанных «мусорных» слоях на глубине 5–20 см. Высокие концентрации аммонийного азота свидетельствуют о свежем органическом загрязнении почв, об интенсивной деградации белковых компонентов. Содержание аммонийного азота в концентрации, превышающей 20–

40 г/кг, может соответствовать участкам бытового загрязнения почв отбросами.

Фоновый уровень *валового фосфора* в почвах г. Ульяновска колеблется в пределах 200–650 мг/кг в слое 0–5 см и 150–450 мг/кг в слое 5–20 см. В загрязненных почвах фоновый уровень значительно превышен, концентрация фосфора достигает максимальных значений, равных 2200 мг/кг и 1600 мг/кг на глубине 0–5 см и 5–20 см соответственно (опасное зафосфачивание). Максимальное содержание валового фосфора в почве свалок характерно для участков с близким залеганием грунтовых вод, где на момент отбора проб образцы характеризовались как влажные, сырые, мокрые (свалки в пойме р. Свияги, у истока р. Симбирки, на заболоченных участках, приуроченных к городским водоемам). Существует опасность загрязнения фосфатами грунтовых и поверхностных вод на данных и подобных городских участках. Источник загрязнения почв фосфором – это свалки, которые образуются от индивидуальных домохозяйств в зоне малоэтажной жилой застройки, где размещаются без сортировки все компоненты бытовых отходов с характерным высоким содержанием органической фракции (36 % исследованных объектов).

Фоновый уровень *валовой серы* в почвах города колеблется в пределах 155–550 мг/кг и 95–370 мг/кг на глубинах 0–5 см и 5–20 см соответственно. Учитывая, что предельно допустимая концентрация (ПДК) серы в почве составляет 160 мг/кг, даже в незагрязненных бытовыми отходами почвах особо охраняемых природных территорий фоновое содержание серы превышает ПДК примерно в 1,7 раза, но экосистемы городских парков находятся в стабильном состоянии. На участках свалок концентрация валовой серы в почве достигает значительных величин (520–1400 мг/кг), при этом до 60 % исследованных свалок являются источниками загрязнения почвы соединениями серы.

Аномальное содержание фосфора и серы в почвогрунте свалок имеет следующие причины: высокая доля органических отходов, образующихся в индивидуальных домохозяйствах, печная зола от сжигания древесины и горючей фракции ТБО (исследованный об-

разец печной золы содержит 0,3–0,6 % серы и 0,5–0,9 % фосфора), сжигание отходов собственнo на свалке, изначально высокое содержание фосфора и серы в почве на участках, которые впоследствии были захлавлены. Максимальное содержание этих элементов отмечено на участках старых свалок, источниками которых являются гаражные кооперативы, частные погребы, подсобные строения. В почве свалок, образованных недавно, содержание фосфора и серы незначительно превышает фоновый уровень. Вероятно, это объясняется тем, что фосфор и сера мало вымываются из отходов в первые годы существования свалки. Так, концентрации общего фосфора и серы, превышающие фоновый уровень в 2 и более раз, являются индикаторами бытового загрязнения земель г. Ульяновска.

Тяжелые металлы

Содержание валовых форм тяжелых металлов (ТМ). Средние превышения местного фона (Сi/Сф) в почве на участках несанкцио-

нированных свалок ТБО на различной глубине от поверхности можно выразить следующими формулами геохимических ассоциаций:

$$\text{Сi/Сф}_{(0...5 \text{ см})\text{ср}}: \text{Zn}_{6,77} - \text{Cu}_{3,62} - \text{Pb}_{2,19} - \text{Cd}_{1,75},$$

$$\text{Сi/Сф}_{(5...20 \text{ см})\text{ср}}: \text{Zn}_{3,83} - \text{Cu}_{2,64} - \text{Pb}_{2,17}.$$

Так, основными загрязнителями почв на свалках являются цинк, медь, свинец и кадмий. Следует отметить, что общей характеристикой загрязнения свалочных грунтов является его неоднородность и изменчивость как в профиле, так и по площади свалки – это отмечается авторами работ, посвященных различным несанкционированным свалкам [1, 3], и подтверждается результатами данного исследования. Поэтому более объективную оценку аномалий в почве дают максимальные превышения местного фона, представляющие несколько иную картину геохимической ассоциации на различной глубине:

$$\text{Сi/Сф}_{(0...5 \text{ см})\text{макс}}: \text{Zn}_{21,03} - \text{Cu}_{9,21} - \text{Pb}_{8,29} - \text{Cd}_{3,01} - \text{Cr}_{2,57} - \text{As}_{2,16},$$

$$\text{Сi/Сф}_{(5...20 \text{ см})\text{макс}}: \text{Zn}_{16,41} - \text{Pb}_{15,93} - \text{Cu}_{7,14} - \text{As}_{3,32} - \text{Cd}_{1,97}.$$

Локальные превышения фоновых уровней хрома и мышьяка наблюдаются в случае долгосрочного загрязнения почвы бытовыми отходами (существование свалок в течение десятилетий и более). Содержание ртути на исследованных свалках г. Ульяновска не превышает фоновый уровень.

Несмотря на то, что показатель валового содержания ТМ в почве считается недостаточным для определения степени ее загрязнения и уровня опасности, существуют разработанные нормативы ПДК (ОДК) валового содержания металлов в почве, которые можно использовать для эколого-токсикологической оценки почв (грунтов) исследованных свалок (табл. 1).

Спецификой загрязнения почвы на участках несанкционированных свалок в г. Ульяновске является накопление в гумусово-аккумулятивном горизонте опасных количеств соединений Pb (3,9 ОДК), Zn (3,8 ОДК), Cd (3,4 ОДК), в некоторых случаях As (2,8 ОДК). ОДК валовых Hg, Cu и Cr не превышены.

В результате исследования установлено, что источниками повышенного содержания ТМ в почвах являются различные компоненты ТБО. Случаи сильного загрязнения почвы свинцом соответствуют участкам, в почве которых содержатся остатки устройств электроники. Характерным цинк-содержащим компонентом бытовых отходов являются широко распространенные предметы бытовой утвари с цинковым покрытием, которые в условиях агрессивной среды свалки проявляют слабую коррозионную устойчивость, быстро разрушаются и загрязняют субстрат цинком. При сжигании полимерных компонентов ТБО на свалке происходит относительно быстрое загрязнение почвы кадмием, а в случае длительного существования свалки – медленное загрязнение в результате выделения кадмия из компонентов мусора. Согласно литературным данным, ТМ постоянно высвобождаются из искусственных включений, которые содержатся в профиле городских почв – об-

ломках кирпича, штукатурки, металлических изделий [8].

Содержание подвижных форм ТМ. В ходе исследования установлено, что несанкционированные свалки являются источника-

ми загрязнения почвы токсичными (подвижными) формами ТМ – Pb (до 29 ПДК), Zn (до 9 ПДК), Cd (в 6 раз выше фона) и реже – Cu (до 1,75 ПДК). Содержание подвижных соединений Cr не превышает ПДК.

Таблица 1

**Эколого-геохимическая характеристика почвенного покрова
в зоне локальных несанкционированных свалок на территории г. Ульяновска**

Номер участка	Территориальная принадлежность участка (зона города)	Элементный состав геохимических аномалий с коэффициентами концентраций по отношению к местному фону
1	Селитебная	Cu _{8,0} – Zn _{4,3} – Pb _{1,8} – Cr _{1,8} – Cd _{1,6}
2	Селитебная	Zn _{7,8} – Cu _{4,8}
3	Общественной застройки	Zn _{7,4} – Cu _{3,3} – Pb _{2,1}
4	Селитебная	Zn _{13,2} – Cu _{7,9} – Cd _{3,0} – Pb _{2,9} – As _{1,6}
5	Селитебная	Zn _{5,7} – Cu _{2,7}
6	Парковая	Zn _{6,9} – Cu _{2,7} – Pb _{1,8} – Cd _{1,6}
7	Селитебная	Zn _{2,9} – Cu _{2,6} – Cd _{2,2} – Pb _{2,1}
8	Селитебная	Zn _{10,1} – Cu _{9,0} – Cd _{2,7} – Cr _{2,6} – As _{2,2} – Pb _{2,1}
9	Селитебная	Zn _{3,6} – Cu _{2,6} – As _{2,1} – Cd _{2,0}
10	Граница парковой и селитебной	Zn _{16,4} – Pb _{9,4} – Cu _{7,1} – As _{2,0} – Cd _{1,7}
11	Граница парковой и селитебной	Zn _{3,8} – Cu _{2,5} – Cd _{1,8} – As _{1,7} – Pb _{1,3}
12	Селитебная	Zn _{21,0} – Cu _{3,9} – Cd _{2,4} – Pb _{1,6}
13	Селитебная	Zn _{3,0} – Cu _{2,7} – Pb _{2,4} – Cd _{1,8}
14	Парковая	Zn _{23,7} – Cu _{9,2} – Pb _{4,0} – Cd _{2,6} – Cr _{1,7}
15	Лесная	Zn _{3,5} – As _{1,8} – Cu _{1,5} – Cd _{1,5}
16	Лесная	Pb _{15,9} – Zn _{4,3} – Cu _{3,4} – Cd _{1,6}
17	Селитебная	Zn _{10,3} – Cu _{7,0} – As _{3,3} – Pb _{2,9} – Cd _{1,9}

Примечание. Полужирным шрифтом выделены элементы, валовые концентрации которых в почве свалок превышают ПДК/ОДК.

В исследованных почвогрунтах в подвижной форме содержится от 0,5 до 7,9 % всей Cu, от 2,1 до 25,4 % всего Zn, от 0,8 до 22,6 % всего Pb и от 1,4 до 20,3 % всего Cd.

Известно, что содержание подвижных форм ТМ в почвах подвержено сезонной динамике, а валовое содержание может постепенно нарастать при переходе соединений ТМ в труднорастворимые гидроксиды, карбонаты, сульфиды, фосфаты в условиях щелочной среды. И в то же время, как указано выше, в почвах на свалках даже невысокая доля подвижных соединений металлов формирует неблагоприятную санитарную обстановку, поскольку нормативы ПДК превышены для ряда ТМ. Ссылаясь на данные эколого-гигиенических исследований [4], можно отметить, что при высоком содержании подвижных свинца, меди и кадмия в почве эти элементы накапливаются в корнеплодах (моркови, свекле, картофеле), выращенных на этих почвах. В этой

связи наиболее вредным и опасным является использование населением «свободных» земель под огороды, а также употребление для питья воды из городских родников, поскольку и огороды, и родники чаще всего находятся в геохимически подчиненных ландшафтах, сопряженных с участками, на которых расположены мусорные свалки.

По суммарному показателю загрязнения почвы большинство исследованных участков характеризуется средним (умеренным) уровнем загрязнения, но варьирование возможно от слабого до чрезвычайно сильного уровня загрязнения. Несмотря на то, что экологическая обстановка при среднем уровне загрязнения почвы характеризуется как *умеренно опасная*, тем не менее, в данном случае уже происходит переход к нестабильному состоянию среды обитания, и данные территории характеризуются повышением уровня общей заболеваемости населения.

Выводы

1. В местах локальных несанкционированных свалок на территории г. Ульяновска изменяются химические параметры почвенного покрова: регистрируется щелочная реакция почвенного раствора, высокий уровень органического загрязнения почвы – по содержанию органического вещества, аммонийного азота, фосфора, серы, в концентрациях, значительно превышающих фоновый уровень.

2. В зоне влияния несанкционированных свалок на территории г. Ульяновска формируются аномальные участки с высоким содержанием в почве свинца, цинка, кадмия, меди как в валовой, так и в подвижной форме. Перечисленные ТМ относятся к химическим загрязняющим веществам 1 и 2 классов опасности и являются наиболее токсичными для живых организмов.

3. Накопление в среде обитания человека таких рассеянных элементов, как свинец и кадмий, и таких микроэлементов, как медь, цинк и мышьяк, в высоких аномальных концентрациях приводит к изменению оптимальной эколого-геохимической обстановки, в которой эволюционно были сформированы наземные экосистемы. Известно, что ТМ проявляют высокую токсичность в следовых количествах и опасны для здоровья человека при их присутствии в объектах окружающей среды даже в низких концентрациях, т.е. являются факторами риска хронической экспозиции [4]. На несанкционированных свалках г. Ульяновска содержание в почвенном покрове ТМ и органических загрязнителей превышает установленные гигиенические нормы, наблюдается химическая деградация почвы селитебных

и парковых зон города. Данные факты требуют обращения пристального внимания на проблему несанкционированных свалок в г. Ульяновске.

1. *Викторова, М.А.* Несанкционированные свалки города / М.А. Викторова // Твердые бытовые отходы. – 2005. – № 6. – С. 11–12.

2. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: методические указания. МУ 2.1.7.73099 (утв. Минздравом РФ 07.02.1999) [Электронный ресурс]. – М., 1999. – Режим доступа: <http://www.ecoekspert.ru/art/norm/>.

3. *Глушкова, М.В.* К вопросу выбора фоновых значений при оценке уровня химического загрязнения грунтов на территориях городских свалок / М.В. Глушкова, И.В. Галицкая // Сергеевские чтения. – 2003. – Вып. 5. – С. 237–241.

4. *Даукаев, Р.А.* Комплексная оценка содержания тяжелых металлов в объектах окружающей среды промышленного города / Р.А. Даукаев, Р.А. Сулейманов // Санитарный врач. – 2009. – № 3. – С. 34–35.

5. Земельный кодекс Российской Федерации (по состоянию на 03.03.2011 года). – М.: Омега-Л, 2011. – 74 с.

6. Методика оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв (Приложение к постановлению Правительства Москвы от 22 июля 2008 г. № 589-ПП). – М., 2008. – Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/Postanovlenie_589PP_Metodika_o.html.

7. Перечень несанкционированных свалок отходов, расположенных на территории муниципального образования «город Ульяновск». Данные экомониторинга по г. Ульяновску (посл. обнов. 21.05.2010). – Режим доступа: http://ulgreen.ru/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=18&Itemid=48.

8. Современные методы эколого-геохимической оценки состояния и изменений окружающей среды: доклады Междунар. Школы НИИ Геохимии биосферы РГУ, 15–20 сентября 2003. – Новороссийск, 2003. – 312 с.

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DANGER OF LOCAL ILLEGAL DUMPING IN THE CITY OF ULYANOVSK

Yu. S. Ivanova

Ulyanovsk State University

The paper presents the results of the executed in 2010 eco-geochemical investigation of unauthorized dumps of Ulyanovsk showed a high level of soil contamination with toxic components, that is an actual threat to the ecological environment and human health.

Key words: degradation of soil cover, soil pollution, waste dumps, household garbage.