

УДК 504.05/06: 631.416.9

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННЫХ УРБОЛАНДШАФТОВ ЮГА РОССИИ

Шишкина Д.Ю.

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, e-mail: diana@sfedu.ru

Изучено распределение тяжелых металлов, бенз(а)пирена и нефтепродуктов в почвах промышленных зон городов Ростова-на-Дону, Волгограда и Таганрога. Путем сравнения с региональным фоном выявлены геохимические ассоциации, характерные для различных видов промышленных ландшафтов и определяемые спецификой производства. Установлено, что приоритетными загрязнителями почв Ростова-на-Дону и Таганрога являются цинк, свинец, медь и нефтепродукты; концентрации ртути, мышьяка и марганца не достигают ПДК. В зоне влияния нефтеперерабатывающего завода в Волгограде почвенный покров загрязнен бенз(а)пиреном. Среди тяжелых металлов максимальный коэффициент опасности характерен для цинка – 4,5. Содержание нефтепродуктов и бенз(а)пирена превышает ПДК в 11,8 и 30,7 раза. Загрязнение почвенного покрова промышленных ландшафтов в основном оценивается как допустимое, в редких случаях – как умеренно опасное и опасное.

Ключевые слова: тяжелые металлы, промышленные урболоаншафты, источники загрязнения, геохимические ассоциации, суммарный показатель загрязнения

CHEMICAL CONTAMINATION OF SOILS OF INDUSTRIAL URBAN LANDSCAPES SOUTH OF RUSSIA

Shishkina D.Yu.

Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: diana@sfedu.ru

We studied the distribution of heavy metals, benzo(a)pyrene and oil products in soils of industrial areas of the cities of Rostov-on-Don, Volgograd and Taganrog. The geochemical associations typical of various types of industrial landscapes were identified. It was established that main pollutants of soils of Rostov-on-Don and Taganrog are zinc, lead, copper and oil products. The soil cover in the influence area of an oil refinery in Volgograd is contaminated with benzo(a)pyrene. Among the heavy metals, the maximum danger coefficient is characteristic of zinc and is 4,5. The content of oil products and benzo(a) pyrene exceeded MPC by 11,8 and 30,7 times. The soil pollution of industrial landscapes, mostly, is assessed as acceptable, in rare cases as moderately hazardous and dangerous.

Keywords: heavy metals, industrial urban landscapes, sources of pollution, geochemical associations, total pollution index

Промышленные урболоаншафты традиционно рассматриваются как источник загрязнения городской среды, прежде всего из-за больших объемов выбросов поллютантов в атмосферный воздух. Спад промышленного производства в 1990–2000 гг. привёл к уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников и сокращению вклада аэротехногенных потоков в формирование геохимических аномалий. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах заметно снизился. Так, в Ростове-на-Дону выбросы предприятиями в атмосферу сократились с 43,9 тыс. т в 1988 г. до 11,786 тыс. т в 2015 г., а комплексный индекс загрязнения атмосферы (ИЗА_г) уменьшился с 22,2 до 6,0. Почва как депонирующая среда является более долговременным по сравнению с воздухом индикатором загрязнения, поэтому эколого-геохимическая оценка современного состояния почвенного покрова урболоаншафтов представляется весьма актуальной, особенно в связи с застройкой зданиями жилищного и общественно-делового назначения тер-

риторий, освободившихся из-за закрытия или выноса за городскую черту промышленных предприятий.

Материалы и методы исследований

В качестве объектов исследования выбраны два областных центра Южного федерального округа с более чем миллионным населением – Волгоград и Ростов-на-Дону – и Таганрог, город, не столь многолюдный, но обладающий значительным промышленным потенциалом. Некоторые социально-экономические и экологические характеристики городов приведены в табл. 1.

Исследования основаны на материалах, полученных в ходе инженерно-экологических изысканий на пяти площадках (три в Ростове-на-Дону и по одной в Таганроге и Волгограде), где проектируется либо реконструкция и расширение действующих промышленных объектов, либо строительство торговых центров на месте ранее существовавших предприятий. Первый из изученных в Ростове-на-Дону объектов – реконструируемая электрическая подстанция – находится в самом центре города, неподалеку от автобусного и железнодорожного вокзалов, в начале улицы Красноармейской с интенсивным транспортным потоком. В центральной части города (проспект Театральный) находится техногенный пустырь, где в прошлом располагались промышленные объекты, а в настоящее время планируется построить торго-

вый комплекс «О'КЕЙ». Третий из ростовских урбандшафтов – лакокрасочный завод ЗАО «Эмпилс». Запроектировано его расширение и строительство комплекса по производству лаков и смол. Участок в западной части г. Таганрога ранее использовался под автотранспортное предприятие. В настоящее время на территории предполагается возвести торговый комплекс. В Волгограде изучалась территория ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» – предприятия топливно-масляного профиля, расположенного в юго-восточной части города. Это наиболее старое из рассмотренных предприятий: строительство Сталинградского нефтеперерабатывающего завода было начато в 1951 г.

На каждой площадке в зависимости от её размера отбиралось разное количество проб из верхнего почвенного горизонта – от 5 до 31, общее количество проб – 68. На некоторых участках изучалось также распределение химических веществ и элементов по почвенному профилю, для чего было взято 8 проб с глубины от 0,5 до 2,0 м. Пробы отбирались в соответствии с принятыми в инженерно-экологических изысканиях методиками [9]. В почвенных образцах определялось содержание свинца, кадмия, ртути, цинка, меди, мышьяка, никеля, марганца, ванадия, бенз(а)пирена и нефтепродуктов. Аналитические исследования выполнялись в региональном лабораторном центре ОАО «Южгеология» и испытательных лабораторных центрах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» и «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области» приближенно-количественным спектральным и атомно-абсорбционным методами. Оценка уровня загрязнения отдельными веществами проводилась на основе существующих нормативов [1, 2, 6]. С этой целью применялся коэффициент концентрации (K_c) отдельных элементов относительно их фоновых значений и коэффициент опасности (K_o) – кратность превышения ПДК (ОДК) отдельных элементов. Для характеристики комплексного загрязнения применялся суммарный показатель загрязнения (СПЗ, Z_c), представляющий собой аддитивную сумму превышений концентраций отдельных элементов над единичным (фоновым) уровнем:

$$Z_c = \sum K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрации, n – число химических элементов, входящих в изучаемую ассоциацию.

При Z_c меньше 16, категория загрязнения оценивается как допустимая; если Z_c лежит в диапазоне 16–32 – умеренно опасная; в диапазоне 32–128 – опасная; при Z_c больше 12, категория загрязнения – чрезвычайно опасная [8].

В ходе изучения урбандшафтов Ростова-на-Дону и Таганрога использовались величины регионального фона химических элементов, полученные в ходе многолетних исследований, проводимых сотрудниками кафедры геоэкологии и прикладной геохимии ЮФУ, и обобщенные в обзоре [5]. За региональный педогеохимический фон волгоградских урбандшафтов были приняты концентрации тяжелых металлов и мышьяка в верхнем горизонте светло-каштановых почв на территории природного парка «Эльтонский» [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Содержания химических веществ и элементов в почве под реконструируемой подстанцией варьируют в широких пределах (табл. 2). При этом средние концентрации свинца, цинка, меди, кадмия значительно превосходят региональный фон. Невзирая на мощную техногенную нагрузку, содержания тяжелых металлов и мышьяка далеки от санитарно-гигиенических нормативов (табл. 3). Максимальный суммарный показатель загрязнения почвы – 5,6. Единственным загрязняющим веществом здесь выступают нефтепродукты, концентрация которых в четырех из пяти проб превышает рекомендуемую в качестве норматива величину (1000 мг/кг), а максимальное значение достигает 7025 мг/кг, что соответствует очень высокому уровню загрязнения.

В 70% почвенных проб, отобранных на техногенном пустыре, выявлены высокие концентрации цинка, превосходящие ОДК и достигающие 500 мг/кг. Кроме того, в одной пробе содержание меди (150 мг/кг) немного превышает норматив. Содержания остальных изученных элементов сопоставимы с региональным фоном и значительно меньше ПДК (ОДК). Суммарный показатель загрязнения варьирует в пределах 3,1–11,4. Концентрации нефтепродуктов в основном, не достигают 200 мг/кг, но в одной пробе зафиксировано содержание 5499 мг/кг (очень высокий уровень загрязнения).

Таблица 1

Общие сведения об изучаемых городах по состоянию на 2015 г. (составлено по [3, 10])

Город	Площадь, км ²	Численность населения, тыс. чел.	Плотность населения, чел./км ²	Выбросы в атмосферу стационарными источниками загрязняющих веществ, тыс. т	ИЗА ₃
Ростов-на-Дону	348,5	1114,8	3198,9	11,786	6,0
Таганрог	83,1	253,1	3045,7	6,271	5,8
Волгоград	860	1017,5	1184,0	33,7	3,4

Таблица 2

Пределы колебаний химических элементов и соединений в почвах промышленных ландшафтов, мг/кг

Химические вещества и элементы	Объекты				
	Подстанция	Техногенный пустырь	ЗАО «Эмпилс»	Бывшая автобаза	Нефтеперерабатывающий завод
Свинец	15,2–71,2	20,0–60,0	8,0–400,0	30,0–200,0	2,4–30,0
Цинк	112,9–187,1	200,0–500,0	50,0–1000,0	150,0–800,0	10,8–152,0
Кадмий	0,35–0,61	0,1–0,53	0,5–2,2	0,33–2,12	0,04–0,43
Ртуть	0,014–0,031	0,012–0,04	0,006–0,01	0,02–0,047	0,006–0,4
Мышьяк	0,8–2,1	4,1–6,1	1,0–3,3	5,6–8,8	0,22–5,2
Никель	9,7–22,3	50,0–60,0	30,0–50,0	15,0–50,0	11,0–41,0
Медь	41,0–78,1	50,0–150,0	20,0–50,0	40,0–300,0	3,3–125,0
Марганец	155,0–355,2	500,0–800,0	500,0–800,0	800,0–5000	8,9–192,0
Ванадий	6,5–9,5	80,0–150,0	60,0–200,0	50,0–100,0	5,3–79,0
Нефтепродукты	901–7025	100–5499	151–11755	1178–1417	98–693
Бенз(а)пирен	н. опр.	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,004–0,614

Таблица 3

Среднее содержание химических элементов в почвах промышленных ландшафтов, мг/кг

Объекты	Химические элементы и вещества										
	Pb	Zn	Cd	Hg	As	Ni	Cu	Mn	V	НП*	БП**
ЗАО «Эмпилс»	77,5	388,7	1,0	0,007	2,0	44,7	36,0	646,7	114,7	3987	н.опр.
Подстанция	35,2	149,2	0,44	0,023	1,4	15,2	54,7	232,5	7,9	1476	< 0,004
Техногенный пустырь	41,1	322,2	0,25	0,020	5,1	53,3	73,3	711,1	96,7	4070	< 0,004
Бывшая автобаза	97,5	394	0,86	0,029	6,7	37	99	2012,5	76,3	1298	< 0,004
Нефтеперерабатывающий завод	11,9	68,6	0,18	0,055	2,1	25,2	30,0	160,4	20,5	305,3	0,053
Региональный фон черноземов []	24,0	84,3	0,22	0,018	2,4	41,0	34,8	725,0	96,0	–	–
Региональный фон светло-каштановых почв []	11,0	49,0	0,2	0,02	6,5	34,2	16,4	–	–	–	–
ПДК (ОДК)	130	220	2,0	2,1	10	80	132	1500	150	1000	0,02

Примечание. *НП – нефтепродукты; **БП – бенз(а)пирен.

Площадка изысканий на лакокрасочном заводе ЗАО «Эмпилс» состоит из двух участков, связанных трассой эстакады. На первом (западном) участке, расположенном в центре территории предприятия, в настоящее время находятся производственные и складские корпуса, часть из которых будет демонтирована. По проекту здесь будут располагаться цех лаков, склады готовой продукции и продуктовая насосная. Второй участок находится на северо-восточной окраине предприятия и в настоящее время не застроен. На нем сформировалась залежь и восстановилась растительность, присущая разнотравно-дерновинно-злаковой степи.

Почвенный покров большей части западного участка загрязнен цинком. Содержание

элемента достигает 1000 мг/кг или 4,5 ОДК, что соответствует среднему уровню загрязнения (табл. 2). В двух точках отмечаются превышающие ОДК концентрации свинца – до 3,1 ОДК (высокий уровень загрязнения). В той же почвенной пробе, где выявлен максимум концентраций Zn и Pb, обнаружено содержание нефтепродуктов, превосходящее норматив в почти в 12 раз. Максимальная концентрация кадмия в верхнем почвенном горизонте выше ОДК в 1,1 раза. Высокие концентрации элементов характерны лишь для западного участка, где хранится готовая продукция. Суммарный показатель загрязнения почв в трех пробах превышает 16, достигая значения 31,8, что соответствует умеренно опасному загрязнению.

Характерной особенностью является аномальное содержание кадмия по почвенному разрезу. Так, в пробе, отобранной с глубины 0,5 м, содержание элемента достигает 4,7 мг/кг (2,35 ОДК). Очевидно, проникновение металла на столь значительную глубину произошло при перемешивании грунтов во время строительных и земляных работ, при планировке поверхности. Содержания остальных элементов в грунтах не достигают санитарно-гигиенических нормативов.

Высокие концентрации цинка, свинца и кадмия связаны со спецификой лакокрасочного производства, предусматривающего использование широкого круга сырьевых материалов, в том числе пигментов, сиккативов и других компонентов, содержащих тяжелые металлы. Наиболее часто используемыми являются свинцовый сурик, свинцовый и цинковый кроны, цинковые белила, кадмиевая желтая, фосфат цинка, хромат цинка и др. [4].

В восточной части не зафиксировано превышений ПДК и ОДК тяжелых металлов и мышьяка в почве, за единичным исключением: содержание цинка в 1,4 раза выше норматива в непосредственной близости от склада тары. Максимальная величина Z_c – 5.

Содержания в почве участка на территории Таганрога большинства элементов (за исключением ртути) превышают региональный фон. Концентрации цинка в шести из восьми точек опробования превосходят санитарно-гигиенический норматив; концентрации свинца выше ПДК зафиксированы в двух точках; кадмия и меди – в одной. Таким образом, выявлено загрязнение большей части почвенного покрова участка цинком, а также локальное загрязнение свинцом, кадмием и медью. Комплексное загрязнение почвы всеми четырьмя элементами отмечено в точке, расположенной вблизи северной границы площадки, рядом со стихийной свалкой бытовых и промышленных отходов. Содержание кадмия достигает 1,06 ОДК, свинца – 1,5 ОДК, меди – 2,3 ОДК, цинка – 3,6 ОДК. Суммарный показатель загрязнения изменяется от 7,1 до 36,7, т.е. наряду с допустимой категорией загрязнения почв выявлены умеренно опасная и опасная.

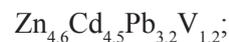
В отличие от урболандшафтов Ростова-на-Дону и Таганрога, расположенных на обыкновенных карбонатных черноземах, зональным типом почв Волгограда являются светло-каштановые почвы, часто в комплексе с солонцами. Содержания всех тяжелых металлов, мышьяка и нефтепродуктов на территории нефтеперерабатывающего ком-

плекса не достигают ПДК и ОДК, чего нельзя сказать о бенз(а)пирене. Если в почвах ранее рассмотренных промышленных ландшафтов он лежит ниже предела обнаружения (менее 0,004 мг/кг), то на территории ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка» максимально содержание БП достигает 0,614 мг/кг, что почти в 31 раз выше ПДК (табл. 2). Даже средняя концентрация превосходит санитарно-гигиенический норматив в 2,5 раза. Накопление бенз(а)пирена в почве обусловлено спецификой химического состава сырья и продукции. Отличается высокими концентрациями и ртуть – среднее содержание в 2,7 раза выше регионального фона, а максимальное – в 20 раз (табл. 3). Z_c принимает значения от 1,1 до 12,1. Таким образом, индикатором загрязнения почв этого предприятия является бенз(а)пирен, на территориях остальных наиболее характерными загрязняющими веществами являются нефтепродукты, цинк, свинец, медь и кадмий.

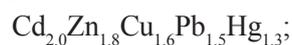
Выводы

1. Геохимические спектры почв промышленных урболандшафтов юга России весьма разнообразны. При сравнении средних значений тяжелых металлов и металлоидов с природным фоном выделяются следующие ассоциации:

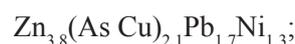
– лакокрасочное производство:



– электроподстанция:



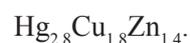
– техногенный пустырь:



– автопредприятие:



– нефтепереработка:



2. Индикаторами загрязнения почв в общем случае выступают цинк, свинец, медь и нефтепродукты. Специфика конкретного производства накладывает отпечаток на перечень приоритетных поллютантов. Так, для лакокрасочного производства характерен кадмий, а для нефтеперерабатывающего – бенз(а)пирен.

3. Уровень загрязнения почв металлами не высок. Максимальный K_0 кадмия – 1,1, ванадия – 1,2, свинца – 1,5, меди – 2,3, марганца – 3,3 и цинка – 4,5. Концентрации ртути, мышьяка, никеля не достигают сани-

тарно-гигиенических нормативов. Гораздо выше уровень загрязнения углеводородами: превышения норматива по нефтепродуктам – 11,8, по бенз(а)пирену – 30,7.

4. По величине Z_c загрязнение почв промышленных зон оценивается в основном как допустимое. Локальные ореолы умеренно опасной категории выявлены на двух участках, опасной – на одном.

Список литературы

1. ГН 2.1.7.2041–06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
2. ГН 2.1.7.2511–09. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 11 с.
3. Доклад об экологической ситуации в Волгоградской области в 2015 году. – Волгоград: «СМОТРИ», 2016. – 300 с.
4. Козыренко М.И., Кухарчик Т.И. Загрязнение почв при производстве лакокрасочных материалов // Геоэкология. – 2015. – № 3. – С. 230–218.
5. Коханастая Н.В., Шишкина Д.Ю. Определение регионального педогеохимического фона (на примере Ростовской области) / Сотрудничество стран БРИКС для устойчивого развития: материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых стран БРИКС (Ростов-на-Дону, 24–26 сентября 2015 г.): в 2 т. / под общ. ред. М.А. Боровской, В.В. Высокова, И.К. Шевченко, А.Ю. Архипова. – Т.2. – Ростов н/Д.: Издательство Южного федерального университета, 2015. – С. 295–298.
6. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими элементами. – М.: Управление охраны почв и земельных ресурсов Минприроды России, 1993. – 31 с.
7. Редкие и исчезающие почвы природных парков Волгоградской области / Кретинин В.М., Брагин В.В., Кулик К.Н., Шишкунов В.М. – Волгоград, 2006. – 142 с.
8. СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Изд. 2-е, стереотип. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. – 19 с.
9. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-10-96. – М.: Госстрой России, 2013. – 110 с.
10. Экологический вестник Дона «О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015 году». – Воронеж: ООО «МС», 2016. – 370 с.