

ГЕОХИМИЯ ТЕХНОГЕНЕЗА В УРБОЛАНДШАФТАХ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ г. ГОМЕЛЬ)

А. А. Карпиченко, Н. К. Чертко

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; karpri@bsu.by

Проблемы среды обитания живых организмов в современных условиях связаны как с изменяющимися природными условиями и катастрофами, так и с активной геохимией техногенеза. Особенно это выражено в урболандшафтах и местах добычи полезных ископаемых. Глобальную экологическую ситуацию с позиций методологии научного познания можно представить в виде блоков: расширение техносферы, сокращение биологического разнообразия видов, истощение природных ресурсов, изменение природных процессов, загрязнение среды обитания.

С ростом населения техносфера становится более распространённой и устойчивой. Природные ресурсы используются с низкой эффективностью из-за потерь в экологической цепи от добычи до пользователя. Это приводит к гигантским масштабам выбросов веществ и энергии. Всё это влияет на изменение в природных процессах: повышение радиационного баланса Земли, формирование парникового эффекта, повышение средней температуры Земли, изменение динамики глобальных ветров, изменение распределения влаги, деградация озоносферы, ограничение адаптации животных и растений приводит к их деградации и исчезновению, расширению деградации почв, уменьшению запасов грунтовых вод и загрязнению поверхностных вод при техногенных и природных катастрофах. Всё это приводит к необходимости формировать новую техногенную политику – полное использование вторичного сырья, отходы одного производства могут быть сырьем для другого производства. Такая геохимия техногенеза должна стать приоритетной в проводимых исследованиях [1].

Геохимия урболандшафтов складывается из серии исследований, направленных на установление степени загрязнения почв, вод, растительности и атмосферы и выявление биогеохимических эндемий [2]. К сожалению, такой комплексный подход в республике отсутствует, покомпонентные исследования проводятся разными по специализации организациями и в разные годы. Полученный своденный материал порой утрачивает ценность для выявления кругооборота техногенных элементов в урболандшафтах. Предлагаемый нами материал по содержанию техногенных элементов в почвах представляет одно их звеньев в таких исследованиях. Рассмотрим закономерности распределения некоторых элементов в пределах почв крупного промышленного г. Гомеля. Для него характерен пёстрый букет промышленных предприятий, что позволяет установить в сравнении степень их влияния на экологию города.

Согласно физико-географическому районированию, бóльшая часть пригородной зоны и сам г. Гомель относятся к северо-восточной части физико-географического района Гомельское Полесье. Доминируют аллювиальные террасированные виды ландшафтов. Рельеф города в целом равнинный. Он представлен пологоволнистой водно-ледниковой равниной и надпойменной террасой Сожа в правобережной части и низменной аллювиальной равниной и левобережной части. Рельеф

города в целом равнинный. Он представлен пологоволнистой водно-ледниковой равниной и надпойменной террасой Сожа в правобережной части и низменной аллювиальной равниной и левобережной части. Талые воды сожского времени отложили материал, сформировавший обширную песчаную равнину. На юго-западной окраине г. Гомеля расположено Осовцовское месторождение песков.

Годовая сумма осадков составляет в среднем 626 мм. Около 70 % осадков выпадает в тёплый период с апреля по октябрь. Среднее количество дней с осадками 200, со снежным покровом – 85. Формируется промывной водный режим, который способствует радиальной миграции химических элементов. По гранулометрическому составу преобладают песчаные (59 %) и супесчаные (32 %) полугидроморфные почвы.

Гомель находится в зоне заражения (^{137}Cs) от 1 до 5 ku/km^2 (зона проживания с периодическим радиационным контролем). Основными загрязняющими веществами являются формальдегид, фтористый водород, фенол, аммиак, оксид углерода. Главными источниками загрязнения являются автотранспорт, лесная промышленность, производство минеральных удобрений (Гомельский химзавод), теплоэнергетика (ТЭЦ-2, Центральная котельная и др.). Наблюдается рост среднего за год содержания оксида углерода, что объясняется повышением интенсивности автомобильного движения. Загрязнение вод р. Сож у Гомеля характеризуется как умеренное (ИЗВ = 0,6–0,7).

Экономический потенциал города составляют 103 промышленных предприятия различного профиля, 69 строительных организаций, 23 предприятия транспорта и связи, 110 специализированных предприятий бытового обслуживания населения. Каждое из них вносит определённый вклад в загрязнение города.

Для экологической оценки города (геохимии техногенеза) по содержанию химических элементов в почвах нами отбирались образцы почв равномерно по городу с учётом функциональных зон и размещения промышленных предприятий, транспортной загрузки (июль 2018 г.). Определяемые элементы входили в разные группы по токсичности и наличию их в отходах производства.

По результатам эмиссионно-спектрального анализа проб почв было установлено валовое содержание Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в воздушно-сухой почве, представленное в табл. Геохимическая оценка загрязнения производилась путем сравнения валового содержания исследуемых элементов их с фоновым содержанием в почвах Беларуси и с установленными санитарно-гигиеническими нормативами (ОДК/ПДК) [3–5]. При этом для Ti и Sn нет утверждённой ПДК/ОДК, а для Sn отсутствуют данные по фону для Беларуси.

Содержание исследуемых элементов отличается очень высоким размахом варьирования, разница между максимальным и минимальным содержанием исследуемых химических элементов колеблется от 13,9 раз для Ti до 193,8 для Sn. Коэффициенты вариации (V) свидетельствуют об аномальном варьировании для практически всех исследуемых элементов, за исключением титана, для которого отмечено высокое варьирование (V = 59,96 %). Аномальное варьирование, вместе с отмечаемым для Cu, Pb, Ni, Sn и Cr весьма существенным отклонением от нормального распределения, указывает на явный техногенный генезис геохимического накопления данных элементов, формирующий локальные геохимические аномалии [6, 7] и трансформирующий существующую геохимическую структуру ландшафтов [8]. Аномалии обусловлены относительно небольшим числом проб, без которых распределение заметно ближе к нормальному.

Таблица – Основные статистические показатели валового содержания тяжёлых металлов в почвах г. Гомель

Показатель	Химические элементы, мг/кг воздушно-сухой почвы						
	Cu	Pb	Mn	Ni	Sn	Ti	Cr
Минимум	1,7	2,6	58	0,4	0,16	203	8,2
Максимум	164,9	81,9	2 372	26,8	30,91	2 812	788,1
Среднее	12,7	11,3	269	3,5	1,5	988	37,8
Медиана	6,0	7,6	225	2,3	0,9	921	21,4
Коэффициент вариации, %	194,9	116,1	111,1	123,1	246,9	60,0	257,2
Фон	13	12	247	20	–	1562	36
ПДК	33	32	1 000	20	–	–	100
Стандартная ошибка среднего арифметического	2,94	1,56	35,4	0,50	0,45	70,3	11,52
Экссесс	25,14	19,74	35,80	20,07	55,19	0,63	53,24
Асимметричность	4,81	4,17	5,35	4,26	7,14	1,02	7,08

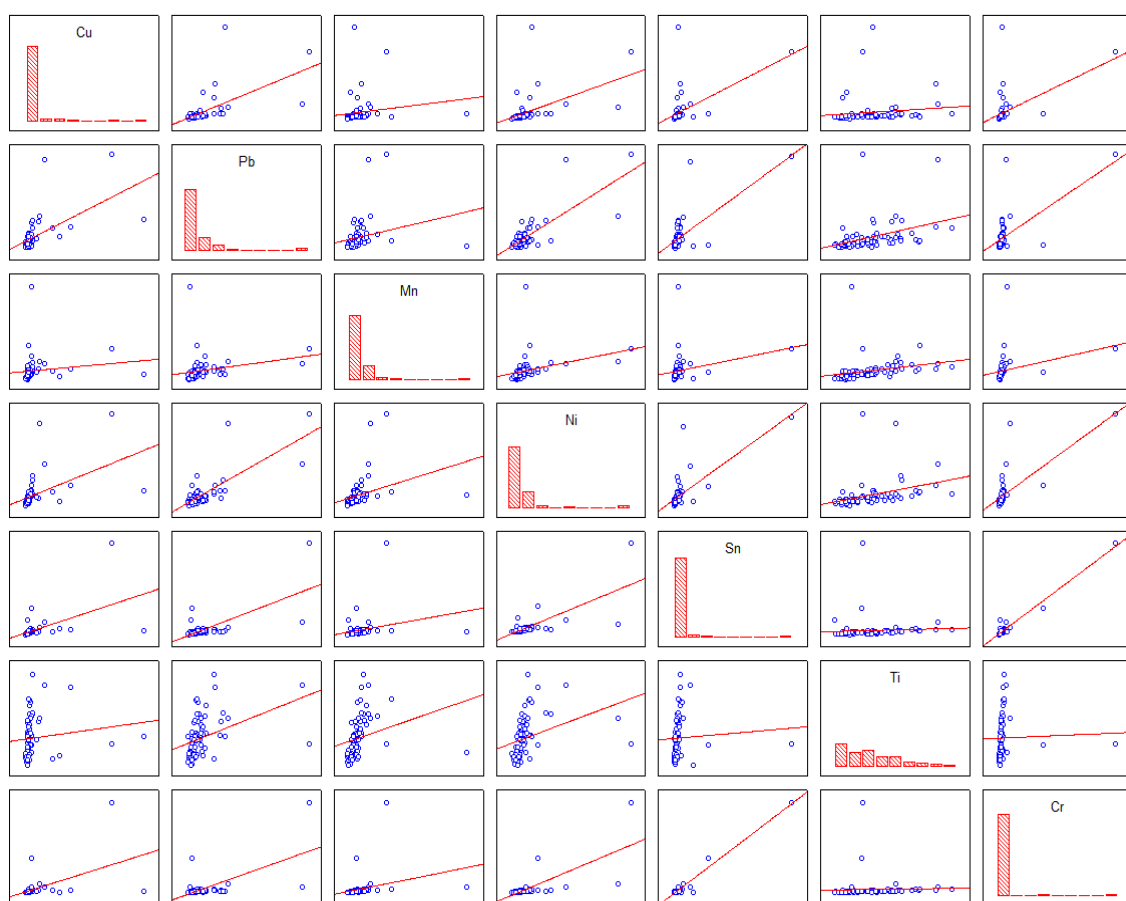


Рисунок 1 – Матрица связей между Cu, Pb, Mn, Ni, Sn, Cr, Ti в почвах г. Гомель

Наглядно форму распределения и возможность корреляционных связей между содержаниями элементов в почве можно быстро оценить по рис. 1, из которого видно наличие в выборках единичных значений, сильно отличающихся от остальной совокупности. В большинстве случаев эти значения определены высоким техноген-

ным загрязнением почвы. При такой форме распределения проводить линейный корреляционный анализ нецелесообразно.

Среднее содержание Cu в верхнем горизонте почв г. Гомель (12,7 мг/кг) очень близко к фоновому для почв республики (13 мг/кг), для 7 % образцов отмечено превышение ПДК (до 5 раз). Превышения ПДК и фона имеют явный техногенный характер, максимумы накопления приурочены к промышленным территориям в западной и северной частях города. Распределение Pb обнаруживает некоторое сходство с Cu, среднее содержание по городу (11,3 мг/кг) также близко к среднереспубликанскому (12 мг/кг), но медианное значение заметно ниже (7,6 мг/кг). Превышение фона отмечено для 22,5 % проб, при этом превышение величины ПДК установлено лишь в двух случаях (до 2,6 раз) – у завода «Центролит» и недалеко ОАО «Ратон». Mn достаточно неравномерно распределён в почвах г. Гомель, превышение фонового содержания для Беларуси наблюдается у 42 % проб, однако полуторакратное превышение, которое можно отнести на влияние техногенеза, наблюдается только для 14 % образцов. Отмечено одиночное превышение ПДК в западной части города. Содержание Ni в почвах Гомеля довольно низкое (в среднем 3,5 мг/кг, медиана – 2,3 мг/кг). Из общего ряда сильно выбиваются две пробы, отобранные вблизи заводов «Центролит» и «Гомсельмаш», для которых отмечено превышение ПДК для песчаных и супесчаных почв [5], преобладающих в пределах города. Производить оценку накопления Sn несколько затруднительно (из-за отсутствия данных по фону и ПДК) однако изучение характера распределения элемента в выборочном ряду может показать потенциально загрязнённые почвы. Так, среднее содержание Sn в исследованных образцах составило 1,5 мг/кг (медианное – 0,9 мг/кг), при этом в 94 % случаев в пробах было меньше 2 мг/кг Sn, поэтому образцы с содержанием более 3 мг/кг (двукратное превышение среднегородского уровня) можно считать загрязнёнными, при этом максимальные значения – 30,9 и 9,18 мг/кг были в пробах, отобранных у Гомельского литейного завода «Центролит». Характер накопления Ti в городских почвах заметно отличается от остальных исследуемых элементов, что проявилось в существенно более низком коэффициенте вариации, форма распределения элемента в выборке заметно ближе к нормальному, что может выступать в качестве косвенного свидетельства об относительно слабом влиянии техногенеза на накопление Ti в почвах г. Гомель. Для Cr отвечены два случая превышения ПДК (до 8 раз), выявленные недалеко от литейного завода «Центролит» (там же отмечалось превышение этого нормативного показателя для Cu, Pb и Ni). Зона накопления Cr отмечена в западной, промышленной части города, на большей части Гомеля концентрация Cr находится в пределах от 20 до 50 мг/кг.

Для интегральной оценки суммарного загрязнения почв тяжёлыми металлами рассчитывался индекс суммарного загрязнения [6], рассчитывающийся только для тех территорий, где наблюдается более чем полуторакратное превышение фонового содержания хотя бы для одного элемента, при этом его величине до 16 уровень загрязнения почв считается допустимым, от 16 до 32 – умеренно опасным, от 32 до 128 – опасным, более 128 – чрезвычайно опасным. Распределение значений данного индекса по городу показано на рис. 2.

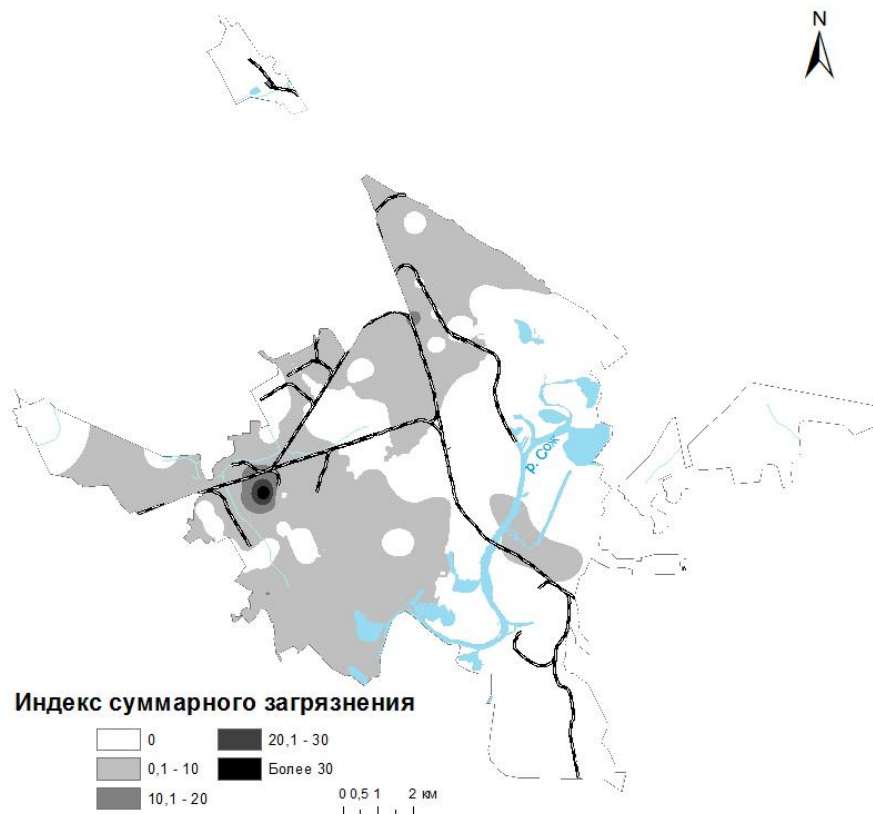


Рисунок 2 – Индекс суммарного загрязнения в почвах г. Гомель

Опасное суммарное загрязнение почв отмечено для территории около завода «Центролит», допустимое наблюдается преимущественно в западной и северной частях города в районе промышленной застройки и зонам её влияния, частично – в центральной. На территории многоэтажной застройки за пределами исторического центра (в восточной и южной частях г. Гомель) содержание исследуемых элементов ниже республиканского фона, что может быть связано с генезисом и лёгким гранулометрическим составом преобладающих почвообразующих пород.

В целом характер накопления исследуемых элементов в почвах г. Гомель заметно отличается от накопления в почвах других городов Беларуси, несколько иная картина накопления сформировалась в гг. Пинске [9], Молодечно [10], Жодино [11] и Минске [12]. Это обстоятельство, в первую очередь, обусловлено отличиями в специализации промышленности, кроме того, имеет значение история формирования города и локальные геохимические особенности почвообразовательных пород.

Библиографические ссылки

1. *Чертко Н. К.* Геохимическая оптимизация ландшафтов. Монография. Минск: Четыре четверти, 2018. 168 с.
2. *Чертко Н. К., Карпиченко А. А.* Теория, методика и практика геохимических исследований урбандшафтов // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2016. № 3. С. 129–132.
3. *Петухова Н. Н.* Геохимия почв Белорусской ССР. Минск: Наука и техника, 1987. 231 с.
4. *Петухова Н. Н., Кузнецов В. А.* К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси // Докл. АН Беларуси. 1992. Т. 26, № 5. С. 461–465.

5. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004. Минск, 2004.

6. Хомич В. С., Какарека С. В., Кухарчик Т. И. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси. Минск: Минсктиппроект, 2004. 260 с.

7. Добровольский В. В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами // Почвоведение. 1999. № 5. С. 639–645.

8. Карпиченко А. А. Геохимическая структура основных родов ландшафтов Беларуси // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2010. № 2. С. 83–86.

9. Марцинкевич Г. И., Счастливая И. И., Чертко Н. К. и др. Урболандшафты г. Пинска: классификация, эколого-геохимическая оценка, способы оптимизации // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2015. № 3. С. 70–75.

10. Карпиченко А. А., Чертко Н. К., Семенюк А. С. Геохимическая оценка почв и растительности г. Молодечно // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2018. № 1. С. 21–29.

11. Карпиченко А. А., Чертко Н. К. Особенности накопления титана, марганца и хрома в поверхностных горизонтах почв г. Жодино (Беларусь) // Геохимия ландшафтов (к 100-летию А. И. Перельмана): Докл. Всеросс. науч. конф., Москва, 18–20 окт. 2016 г. М.: Геогр. факультет МГУ, 2016. С. 247–250.

12. Лукашёв В. К., Окунь Л. В. Загрязнение тяжёлыми металлами окружающей среды г. Минска. Минск: Ин-т геал. наук АН Беларуси, 1996. 80 с.

УДК 574:550.47

ПРОБЛЕМЫ ОБРАЩЕНИЯ С ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЁННЫМИ ГОРОДСКИМИ ПОЧВАМИ

В. С. Хомич¹, С. В. Савченко¹, В. А. Рыжиков¹, Е. М. Глушень²,
Ю. А. Романкевич¹, Р. М. Зайнь Эль-Динь¹

¹Институт природопользования НАН Беларуси,
ул. Ф. Скорины 10, 220114 Минск, Республика Беларусь; svscience@rambler.ru

²Институт микробиологии НАН Беларуси,
ул. Купревича 2, 220141 Минск, Республика Беларусь

В последние годы проблемы экологически безопасного использования техногенно загрязнённых городских земель приобретают всё большее значение во многих развитых странах, в том числе и в Беларуси. Это связано, с одной стороны, с накоплением данных об ухудшении состояния почв в городах, их загрязнении и деградации, с другой – необходимостью градостроительного освоения загрязнённых территорий. Последнее наиболее часто возникает при размещении объектов нового строительства. При этом проблема, например, при строительстве жилых зданий, возникает как при их размещении в пределах жилых, так и общественных, и промышленных зон. В г. Минске в любой из этих зон доля загрязнённых территорий превышает 50 % [9].

Уровни загрязнения почв в городах. Состояние городских почв ежегодно оценивается по результатам мониторинга земель, проводимого в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС). По данным мониторинга, среднее за 2000–2016 гг. содержание Cd в почвах городов Беларуси составило 0,39 мг/кг (в 1,1 раза выше фона или 0,7 ОДК), Zn – 37,3 (1,9 или