

Эколого-геохимические исследования урбоэкосистем

Жук Е. А.

Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, Киев

Статья посвящена изучению геохимии урбоэкосистем на примере города Киева.

Экологическая геохимия – новое научное направление, возникшее на стыке экологии и прикладной геохимии, изучающее закономерности распределения, трансформации и взаимодействия потоков веществ с целью определения участков природной среды, специфические природные условия которых обусловлены природными или антропогенными процессами, отрицательно влияющими на условия существования живых организмов и прежде всего человека [8].

С каждым годом с ростом урбанизации увеличивается поток поступления химических элементов в окружающую среду. Загрязняющие вещества (в частности, тяжелые металлы) могут поступить в биосферу на большом пространстве и различными путями. Тяжелые металлы токсичны, патологичны, канцерогенны, многие имеют большое биологическое значение. В зависимости от формы нахождения относятся к I, II и III классу опасности [6]. Опасность поступления токсичных металлов в окружающую среду не только в том, что они способны неблагоприятно воздействовать на живое вещество, но и главным образом в том, что они будут захвачены биосферой, удержаны ею, надолго войдут в круговорот органического вещества, изменят его геохимические константы [11]. Почву, в отличие от воды и воздуха, намного тяжелее очищать, поэтому проведение эколого-геохимического мониторинга имеет большое значение. Особенно актуально проведение геохимического мониторинга для урбоэкосистем – городов, так как город представляет собой модель крайне неустойчивой и уязвимой системы, утратившей способность к самовосстановлению, то есть не способной противостоять негативным экологическим факторам [1].

При эколого-геохимическом исследовании наибольший интерес представляют депонирующие среды. Почва – долговременно депонирующая среда, которая находится на стыке всех миграционных потоков поллютантов. От барьерных свойств почвы зависит динамика распространения химических веществ и пространственные размеры зон загрязнения [2]. Почва играет двойную роль: она либо прерывает поток загрязняющих веществ, выступая как депонирующая среда, либо при деградации, в том числе дегумификации, подкислении, усиливает загрязнение сопредельных сред [10].

Поэтому очевиден выбор **объекта исследования** – почвенный покров. Территория исследования – г. Киев.

В пределах города почв естественного происхождения практически не осталось: они либо уничтожены строительными работами, либо погребены. Наименьшие изменения претерпели почвы лесопарковой зоны.

Цель исследования – изучение пространственного распределения химических элементов и в первую очередь тяжелых металлов, их количественных и качественных параметров перераспределения.

Данное исследование служит продолжением эколого-геохимических работ по изучению и оценке почв урбанизированных территорий, которые ведутся с 1980-х гг. под руководством члена-корреспондента НАН Украины, заведующего отделом поисковой и экологической геохимии Института геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины Э. Я. Жовинского.

Фактический материал для данной статьи получен в ходе выполнения работ в рамках молодежного гранта НАН Украины "Вивчення закономірностей накопичення важких металів у ґрунтах міських та промислових агломерацій (на прикладі м. Києва)".

Методика исследования. В качестве метода наблюдения за изменением состояния почвенного покрова города использовался метод эколого-геохимического опробования, заключающегося в отборе проб грунта изучаемых участков и последующем химико-аналитическом исследовании почвенных образцов. Химико-аналитические исследования проводились с помощью метода атомной абсорбции, спектрометрии, потенциометрии. Геохимическое исследование почвенного покрова дает представление о распределении и концентрации химических элементов в почве и в сопряженных слоях биосферы.

Методический подход в изучении загрязнения почв тяжелыми металлами заключался в определении статистических параметров валового содержания химического элемента и подвижности металла (рассчитана для кислоторастворимых форм), которая зависит от формы его нахождения в почвах, ландшафтно-геохимических условий района и условий техногенной нагрузки.

Определение подвижности имеет огромное значение, поскольку степень воздействия и интенсивность процессов перехода тяжелых металлов из почвы в воздух, растения, подземные и поверхностные воды, и в конечном итоге, поглощение человеком, зависит не столько от общего (валового) содержания поллютантов в почве, сколько от их подвижности [9]. Методика определения содержания химических элементов описана в статье [5].

Кроме общепринятых статистических параметров, которые включают определение минимального, максимального и среднего значения, для характеристики загрязнения также была использована величина, выражающая долю значений, превышающих фоновые концентрации, от всей совокупности (вероятность события P) [7].

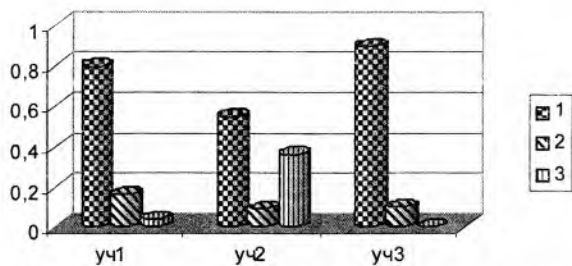


Рис. 1. Распределение вероятности события для хрома по функциональным зонам (участок 1, 2, 3)

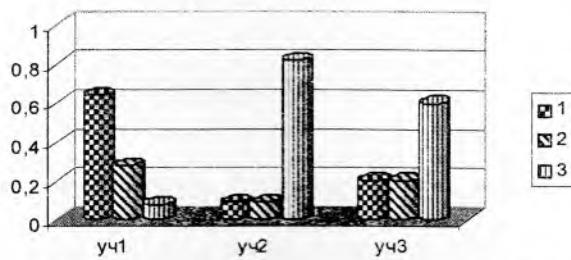


Рис. 2. Распределение вероятности события для меди по функциональным зонам (участок 1, 2, 3)

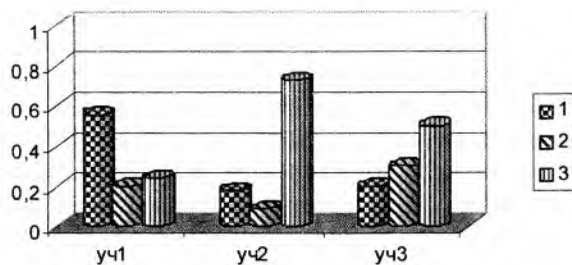


Рис. 3. Распределение вероятности события для свинца по функциональным зонам (участок 1, 2, 3)

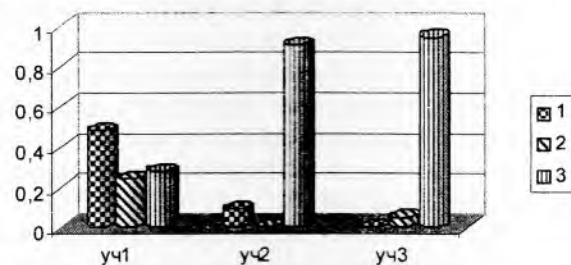


Рис. 4. Распределение вероятности события для цинка по функциональным зонам (участок 1, 2, 3)

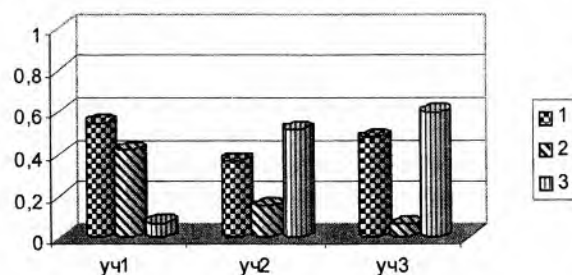


Рис. 5. Распределение вероятности события для никеля по функциональным зонам (участок 1, 2, 3)

Искомая величина рассматривается как вероятность того, что на выбранном участке содержание тяжелых металлов превысит фоновое значение (как фоновые значения приняты данные, приведенные в работе [3]). Эта величина рассчитана только для валового содержания, из-за отсутствия данных о фоновом содержании подвижных форм исследуемых элементов. Для оценки состояния городских почв и прогноза изменения почвенно-экологической обстановки в большинстве случаев мы оперируем параметром среднего значения. Однако использование методов статистики без учета специфики района исследования может привести к просчетам. Поэтому интерпретация полученных результатов проводилась с учетом типизации грунтов по функциональным зонам [4] (рекреационная (участок 1), селитебно-транспортная (уч. 2), промзона (уч. 3)).

Результаты и обсуждение. Статистические параметры – минимальное, среднее и максимальное содержание валовое и подвижных форм пяти изученных металлов (никеля, кобальта, цинка, меди и хрома) представлены в таблице. Эти данные показали, что в почвах рекреационной зоны установлено наименьшее содержание измеряемых металлов. В почвах промзоны установлено наиболь-

шее содержание Ni, Cu, Cr, а в почвах селитебно-транспортной – Zn и Pb.

В распределении содержания подвижных форм фиксируется для Zn и Pb также тенденция, для Cu – обратная, содержание подвижных форм Ni практически одинаково во всех функциональных зонах (для Cr подвижные формы не определяли).

По полученным данным о содержании валовом и подвижных форм была рассчитана подвижность элементов в функциональных зонах и установлено, что они образуют следующие ряды (по убыванию): для рекреационной и промзоны – Zn > Cu > Ni > Pb; для селитебно-транспортной Ni и Pb меняются местами – Zn > Cu > Pb > Ni.

Для почв всех трех зон общая характеристика и особенность – большая вариабельность значений содержания металлов в пределах одной зоны.

Именно вариабельность значений обуславливает необходимость более детальной интерпретации массива данных, полученных в ходе геохимического изучения территории урбозкосистем. С этой целью по результатам проведенного исследования для указанных металлов была рассчитана вероятность события, характеризующая равномерность распределения металла в почве функциональной зоны в рамках заданного интервала (рис. 1–5): $P(X_{\min} < X_i \leq X_{\Phi})$, $P(X_{\Phi} < X_i \leq X_{1,5\Phi})$, $P(X_{1,5\Phi} < X_i \leq X_{2\Phi})$, где $P(A)$ – вероятность события; X_i – элемент совокупности, $X_{1,5\Phi}$, $X_{2\Phi}$ – значения содержания элемента, превышающие фоновые значения соответственно в полтора и в два раза. Выражение в скобках возле вероятности P – рассматриваемое событие, заданное определенным интервалом. По оси ординат на диаграммах показана вероятность события $P(A)$, выражающая долю тех значений от всей совокупности, которые принадлежат к за-

заданим інтервалам (на діаграмі показані різної штриховкою і пронумеровані цифрами 1, 2, 3, інтервал 1 – $(X_{\min} < X_i \leq X_{\Phi})$, 2 – $(X_{\Phi} < X_i \leq X_{1,5\Phi})$, 3 – $(X_{1,5\Phi} < X_i \leq X_{2\Phi})$). По осі абсцисс вказано номер участка, що відповідає визначеній функціональній зоні.

Із приведених діаграм видно, що при загальній значущій варіабельності розподілення вмісту металів в ґрунті функціональних зон суттєво різне.

Для рекреаційної зони для всіх металів характерно переважає ймовірність події для інтервалу 1 – $(X_{\min} < X_i \leq X_{\Phi})$. Це пояснюється, во-первых, відносною віддаленістю даної зони від джерел забруднення, во-вторых, наявністю ґрунтів природного походження, які зберегли здатність до самоочищення. Так же не виключено варіант, що фонові значення були розраховані за вмісту металів в даній зоні.

В селітебно-транспортній зоні спостерігається інша картина – збільшення кількості проб, що падають в інтервал до півтора до двох фонових значень. Виключення становить хром, для якого збереглася тенденція, встановлена в рекреаційній зоні. В селітебно-транспортній зоні відзначено мінімальна ймовірність події (відповідності вмісту заданому інтервалу) для інтервалу 2 – $(X_{\Phi} < X_i \leq X_{1,5\Phi})$ і відносно його більша ймовірність для інтервалу 1 – $(X_{\min} < X_i \leq X_{\Phi})$. Особливо яскраво це виражено для хрому і нікелю.

Характерною особливістю ґрунтів промислової зони, встановлена для чотирьох металів (крім хрому) – явне переважає ймовірності попадання проби в інтервал зна-

чень, вдвоє переважає фонові. Це говорить про те, що в даній зоні ґрунту піддані постійній і найбільш інтенсивній техногенній навантаженню, а також про полігенність цих металів в межах урбоєкосистем. Виключенням служить, як вказано вище, розподілення ймовірності хрому: для нього во всіх трьох зонах переважає ймовірність попадання проби в перший інтервал, т. е. на рівні фонових значень. По-видимому, хром має локальний джерело надходження в дану урбоєкосистему.

Висновки. Отримані дані, коротко викладені в цій статті, дозволили розширити і углубити наукове уявлення про геохімію металів в ґрунтах г. Києва.

Рівень валового вмісту і кислоторозчинних форм хімічних елементів в ґрунтах різних функціональних зон міста не однаковий. Розподілення важких металів по території міста мозаїчно, що підтверджується великим розбросом в розподіленні ймовірності події для всіх металів во всіх функціональних зонах.

Отримані дані про вмісту хімічних елементів говорять про значущій варіабельності концентрації важких металів навіть в межах однієї функціональної зони.

Слід передбачити моніторинг динаміки накопичення важких металів в ґрунті в місцях їх підвищеного вмісту (або на ділянках з ймовірністю події $P(X_{1,5\Phi} < X_i)$ вище 0,65). Постійний моніторинг дасть можливість зонувати місто з урахуванням тенденції зміни екологічної ситуації.

1. Гельдымамедова Э. А. Тяжелые металлы в почвах и овощных культурах г. Павлодара Республики Казахстан – Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 23 с.
2. Головин А. А., Самаев С. Б., Соколов Л. С. Современные подходы к эколого-геохимической оценке урбанизированных территорий // Прикладная геохимия. – 2004. – № 6. – С. 51–62.
3. Жовинский Э. Я., Маничев В. И., Кураева И. В. и др. Эколого-геохимическое исследование природных сред в условиях городской агломерации: Препр. – Киев, 1991. – 150 с.
4. Жук Е. А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв // Минерал. журн. – 2004. – № 2. – С. 61–66.
5. Жук О. А., Радченко А. И., Приходько М. В., Язвинська М. В. До питання вивчення забруднення урбоґрунтів // Мінеральні ресурси України. – 2006. – № 1. С. 44–46.
6. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: В 7-ми кн. – Кн. 4. – М., 1996. – 245 с.
7. Крамбейн У., Грейбилл Ф. Статистические модели в геологии. – М.: Мир, 1969. – 396 с.
8. Методические основы эколого-геохимического картирования // Оценка ущерба окружающей среде от загрязнения токсическими металлами. – М.: ИМГРЭ, 2000. – с. 117
9. Сизов А. П., Балашова С. П. Проблемы охраны городских почв и оценки ущерба от их деградации // Прикладная геохимия. – 2004. – № 6. – С. 278–286.
10. Тараріко О. Г. Організація та завдання агроєкологічного моніторингу // Агроєкологічний журнал. – 2002. – № 2. – С. 19–23.
11. Трахтенберг И. М., Колесников В. С., Луковенко В. П. и др. Тяжелые металлы во внешней среде. – Минск: Наука и техника, 1994. – 288 с.

Стаття присвячена вивченню геохімії урбоєкосистем на прикладі міста Києва.

The article is devoted to investigation of geochemistry of urbanization ecosystems on example of Kyiv.