

содержание наблюдается на расстоянии 10 м от полотна дороги, затем оно постепенно снижается (рис. 2.).

В большинстве случаев максимальное содержание ТМ наблюдается в поверхностной части разреза (0–10 см). Эти элементы, попадая в почву воздушным путем от автодороги, связываются в перегнойно-гумусном горизонте, богатом органическим веществом

Из вышесказанного можно сделать выводы, что автомобильные дороги являются мощным источником загрязнения почв и атмосферы ТМ. Их влияние зависит от интенсивности автомобильного потока, состава почвенного покрова, наличия зеленых насаждений. Придорожные почвы Киева наиболее загрязненные в центральной части города и на кольцевых дорогах вокруг него. Главными загрязнителями среди ТМ выступают Zn(КК = 4,9) и Pb(КК = 4,8). Выявлено, что интенсивное накопление в почвах токсичных микроэлементов приходится на отрезок 0–15 м от автострады.

Библиографические ссылки

1. Автомобильные дороги в экологических системах (проблемы взаимодействия) / Д. Н. Кавтарадзе [и др.]. М., 1999. 240 с.
2. Волощинська С. С. Біоіндикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ-Варшава») // Вісн. Дніпропетровського ун-ту. Біологія. Екологія. 2008. № 16 (2). С. 24–28.
3. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт [и др.]. М.: Недра, 1990. 335 с.
4. Гігієнічна оцінка забруднення атмосферного повітря в зоні впливу міських вулиць різних категорій / І. С. Кіреєва [та ін.]. Київ: МОЗ, 2005. 6 с.
5. Желновач А. Н. Анализ особенностей и последствий влияния автотранспортных систем на почвы и водную среду // Сучасний стан регіональних екологічних проблем та шляхи їх вирішення: матер: Міжнарод. наук. конф. молодих вчених. Одеса: ОДЕКУ, 2014. С. 88–90.
6. Иванов В. И. Экология и автомобилизация. М.: Недра, 1989. 125 с.
7. Клебанова Н. С., Клебанов Д. О. Вплив пересувних та стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин на якість атмосферного повітря в місті Києві в 2009–2010 роках // Наук. праці УкрНДГМІ. 2011. Вип. 260. С. 235–249.
8. Копытенкова О. И., Леванчук А. В. Метод контроля качества среды обитания в мегаполисе // Успехи современ. естествознания. 2006. № 9. С. 59–61.

УДК 550.424.6

ПОКАЗАТЕЛИ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

И. В. Кураева¹, Ю. Ю. Войтюк¹, Е. Г. Мусич², Е. Г. Локтионова¹

¹Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАН Украины,
пр. акад. Палладина 34, 03142 Киев, Украина; voitiuk_yulia@ukr.net

²Институт геохимии окружающей среды НАН Украины,
пр. акад. Палладина 34а, 03142 Киев, Украина

Почва является основной биокосной системой, которая выступает защитным геохимическим барьером при поступлении и дальнейшей миграции поллютантов в объекты окружающей среды. В. И. Вернадский отмечал большую роль почвы в развитии биосферы как жизнеобеспечивающей биокосной системы.

Большой вклад в развитие геохимии почв внесли труды Б. Б. Полынова, А. П. Виноградова, В. В. Добровольского, В. А. Ковды, А. И. Перельмана, Н. Г. Зырина, М. Я. Школьника, М. А. Глазовской, П. А. Власюка и др. Изучению геохимии почвенных отложений и геохимии ландшафтов посвящены труды белорусских и украинских учёных К. И. и В. К. Лукашёвых, И. К. Вадковской, Б. Ф. Мицкевича, Э. Я. Жовинского и др.. В настоящее время интерес учёных направлен на изучение закономерностей трансформации природной среды и в первую очередь почвенных отложений в условиях техногенеза (В. С. Хомич, Т. И. Кухарчик, С. В. Какарека и др.).

Цель исследований – определение основных геохимических показателей трансформации почвенных отложений в условиях техногенеза. *Объекты исследования* – почвенные отложения на территориях предприятий чёрной металлургии, химической промышленности, крупных городских агломераций, а также условно чистые территории.

Методы исследования. Пробы почв отбирались согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Для определения содержания тяжёлых металлов (ТМ) в почвах, растительности использованы физико-химические методы исследования [1]. Определение форм нахождения ТМ в почвах выполнено с помощью метода постадийный вытяжек [4]. Эколого-геохимическая оценка проводилась по суммарному показателю загрязнения по методике Ю. Е. Саета [3]. Техногенность ТМ рассчитана по методике Ю. Н. Водяницкого [2], S. Varon [8]. Буферность почв к загрязнению рассчитана по методике А. И. Самчука [7]. Видовой состав микромицет и комплекс почвенных грибов определены по показателям частоты встречаемости [6].

Результаты исследований. Основными геохимическими показателями, которые характеризуют геохимическую трансформацию техногенно загрязнённых почв являются: физико-химические параметры почвенных отложений; показатель буферной способности к загрязнению; показатель суммарного почвенного загрязнения; техногенные геохимические ассоциации; доля техногенности; формы нахождения поллютантов в почвенных отложениях; биогеохимические и микробиологические показатели почв.

Проведённые нами исследования показали, что на территориях под влиянием предприятий чёрной металлургии (г. Мариуполь, г. Алчевск, г. Каменское) в чернозёмах обычных малогумусных изменяется ёмкость катионного обмена, она уменьшается по сравнению с фоновыми территориями от 4 до 7 раз. Соответственно, уменьшается коэффициент буферности почв от 10 до 20 раз. Показатели суммарного почвенного загрязнения на техногенных территориях под влиянием чёрной металлургии изменяются от 10 до 600. Доля техногенности ТМ в почвах составляет: для Zn – 90, Sn – 80, Cu – 75, Cr – 70. При исследовании форм нахождения ТМ в техногенно загрязнённых почвах было установлено, что содержание их подвижных форм выше, чем в почвах условно чистых территорий. Например, подвижность Zn возрастает в 5–6 раз, Ni в 4–6 раз, Cu в 3–5 раз, Pb и Cr в 2 раза. С помощью селективных экстрагентов выделены формы нахождения ТМ в почвах санитарно-защитных зон предприятий чёрной металлургии. Наименьшее количество ТМ содержится в водорастворимой форме, в среднем до 1 % от валового содержания. В обменной форме находится до 10 % ТМ. Для почв условно чистых территорий этот показатель составляет 2 %. Содержание ТМ, связанных с карбонатами, в техногенно загрязнённых почвах достигает 20 %, связанных с оксидами и гидроксидами Fe, Mn – 40 %, связанных с органическим веществом – до 14 %. В почвах фоновых

участков основная часть ТМ прочно удерживаются в труднорастворимой форме – от 80 до 95 %. Для загрязнённых почв эта величина в 3–4 раза меньше. Техногенное воздействие вследствие поступления ТМ в окружающую среду негативно влияет не только на почвы, но и на растительность. Анализ коэффициентов биологического перехода позволил выявить закономерности биологического поглощения ТМ растительностью. Наиболее интенсивно травянистая растительность поглощает Мо и Си, менее интенсивно Ni и Со, меньше всего Cr и V. Вследствие техногенного поступления ТМ происходит влияние на природные биологические комплексы, что приводит к изменению в составе живых организмов, а это значительно влияет на видовой состав микроскопических грибов. Роль индикатора загрязнённых ТМ почв может исполнять набор видов микроорганизмов [1].

Нами исследовались почвы г. Шостка под влиянием предприятий химической промышленности, как техногенно загрязнённые, так и почвы фоновых участков. Содержание ТМ влияет на физико-химические показатели почв. Например, содержание $C_{орг}$ в гумусовом горизонте, рН и содержание поглощённых катионов исследуемых почв на техногенно загрязнённых территориях уменьшается по сравнению с почвами фоновых участков [5].

Как показали наши исследования, валовое содержание ТМ в почвах под влиянием ОАО «Акционерная компания «Свема»» превышает фоновые значения в десятки раз. Например, валовое содержание Ni (в гумусовом горизонте) превышает фон в 6 раз, Со – 2 раз, Cr – 20 раз, Pb – 7 раз, Ag – 2. И только валовое содержание Си не превышает фон [5].

Валовое содержание ТМ в почвах под влиянием Публичного акционерного общества «Шосткинский завод химических реактивов» также превышает фоновые значения. Например, валовое содержание Ni (в гумусовом горизонте) превышает фон в 2 раза, Cr – 10 раз, Pb – 4 раз, Си – 6 раз. Валовое содержание Со и Ag находится в пределах фоновых значений [5].

Отмечено превышение валовых концентраций ТМ в почвах под влиянием Шосткинского завода «Звезда» по сравнению с фоновыми значениями. Например, валовое содержание Cr и Си (в гумусовом горизонте) превышает фон в 4 раза. Валовые содержания Со, Ag, Ni, Pb находятся в пределах фоновых значений [5].

Как показали исследования, показатель суммарного загрязнения достигает максимальных значений в районе промышленных предприятий города. Этот показатель достигает 150 возле закрытого цеха по производству гидрохинона Публичного акционерного общества «Шосткинского завода химических реактивов». Таким образом, территория г. Шостка находится под интенсивным техногенным воздействием. По показателю общего суммарного загрязнения территория города сильно загрязнена [5].

Содержание подвижных форм металлов под влиянием предприятий химической промышленности повышается по сравнению с фоновыми участками, что является критерием загрязнённости почвенных отложений. Например, подвижность Pb возрастает в 33 раза, Ni – 13 раз, Cr – 35 раз, Си – 9 раз, Со – 2 раза.

Микробиологические исследования техногенно загрязнённых почв под влиянием предприятий химической промышленности с большой повторяемостью высевов показали, что наиболее часто и в большом количестве встречаются представители рода *Penicillium*. Среди них много видов с большой биохимической активностью, таких как *P. hazzianum Rifai*, *P. Thomii Zalessky*, *P. Godlevsky Zalessky*, *P. Decumbens Thom*. Именно эти виды пеницилиев и *Trichoderma harzianum Rifai*

могут быть индикаторами наличия ТМ в почве. Для образца почвы, взятого на глубине 100 см выделены следующие виды грибов: *Trichoderma* – *Tr. hamatum* Bainier и *Tr. koningii* Oudem, а также *P. notatum* Westling и *P. kursanovii* Chalab, которые специфичны только для грунтовых отложений исследуемого промышленного района. Есть и другие виды – *Alternaria*, *Aspergillus*, они типичны для многих промышленных районов [6].

Также выделены наиболее токсичные виды *Aspergillus sulphureus* Thom et Church, *Botrytis cinerea* Fries, *Chaetomium homopilatum* Omvik, тёмноокрашенный *Cladosporium cladosporioides* и *Clonostacchis rosea* устойчивые к экстремальным условиям обитания [6].

По результатам эколого-геохимических исследований г. Киева были отобраны образцы почв с повышенным уровнем ТМ по сравнению с фоновыми участками. Например, на территории завода «Радикал» наблюдается повышенное содержание Cd, Zn, Pb и Cu; вдоль Кольцевой дороги, р-н Академгородка повышенное содержание Zn, Pb; на территории «Речного вокзала» повышенное содержание Cu, Zn; на территории завода «Энергия» – Cu и Zn [6].

Исследования показали, что активный процесс урбанизации ведет к образованию новых искусственных городских экосистем с характерными биогеохимическими показателями. Изменение количества отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов урбоземов г. Киева свидетельствует о значительных нарушениях его функционирования.

Кроме отмеченного снижения биоразнообразия микромицетов в урбоземах г. Киева выявлены изменения в их видового состава, в связи с угнетением роста в городской урбоекосистеме. Появляются виды, не только устойчивые к высоким концентрациям ТМ, но и типичные аллергенные виды грибов рода *Alternaria*, виды с фунги-антибиотической, фито-зоотоксичной действием родов *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, конкурирующие с другими видами. Важное значение имеет также и тот факт, что выделенные виды *Fusarium* устойчивы к достаточно высоким концентрациям меди, а виды *Penicillium* и *Aspergillus* к Pb и Cd. В изменённой микобиоте городских почв чётко проявляется феномен накопления меланинсодержащих грибов, а также видов вредных для человека. Анализ видового состава микромицетов показал, что полученные результаты могут быть использованы в целях биоиндикации, для сравнительной оценки данного антропогенного воздействия на почвенную микобиоту [6].

Таким образом, при комплексной оценке эколого-геохимического состояния и геохимической трансформации почвенных отложений необходимо использовать широкий спектр литохимических, почвенных и биогеохимических показателей.

Библиографические ссылки

1. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С. П. Кармазінєнко, І. В. Кураєва, А. І. Самчук, Ю. Ю. Войтюк, В. Й. Манічев. Київ: Інтерсервіс, 2014. 168 с.
2. *Водяницкий Ю. Н.* Тяжёлые и сверхтяжёлые металлы и металлоиды в загрязнённых почвах. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2009. 95 с.
3. Геохимия окружающей среды / Сагт Ю. Е. [и др.]. М.: Недра, 1990. 325 с.
4. *Кузнецов В. А., Шимко Г. А.* Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. Минск: Наука и техника, 1990. 65 с.
5. *Кураева И. В., Войтюк Ю. Ю., Кармазінєнко С. П., Матвиєнко А. В.* Геохимия тяжёлых металлов в почвах Новгород-Северского Полесья на примере г. Шостка // Природ.

ресурсы Полесья: оценка, использование, охрана: Материалы Международ. науч.-практ. конф. Пинск, 8–11 июня 2015 г. Пинск, 2015. Ч. 1. С. 162–166.

6. *Матвієнко О. В., Кураєва І. В., Самчук А. І., Войтюк Ю. Ю.* Еколого-геохімічні дослідження території м. Шостка // Пошукова та екологічна геохімія. 2016. № 1(17). С. 20–25.

7. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах / Самчук А. И. [и др.]. // Минерал. журн. Киев, 1998. № 2. С. 48–59.

8. *Baron S., Carignan J., Ploquin A.* Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France) // Environ. Sci. Technol. 2006. Vol. 40. P. 5319–5326.

УДК 911.2+502/504(477)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ И МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЕ»

А. О. Сплодитель¹, Л. Ю. Сорокина², И. В. Кураева¹

¹Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н. П. Семеновко НАН Украины, пр. акад. Палладина 34, 03142 Киев, Украина; asploditel@gmail.com

²Институт географии НАН Украины, ул. Владимирская 44, 01034 Киев, Украина

Одно из важных звеньев миграционных потоков тяжёлых металлов (ТМ) в природной среде – их транслокация из почвы в растения. От её характера в значительной степени зависит содержание ТМ в биоте. Актуальными и перспективными для исследования закономерностей накопления и перераспределения ТМ в системе «почва-растение» являются вновь созданные природоохранные объекты – национальные природные парки (НПП), сеть которых в Украине получила развитие в последние 10–15 лет. Эти территории, как правило, характеризуются значительным биотическим и ландшафтным разнообразием, которое и является объектом охраны. В то же время, в результате длительного хозяйственного использования ныне охраняемых и сопредельных территорий здесь часто присутствуют заметные количества техногенных загрязняющих веществ, в том числе ТМ. Для успешной реализации функций, которые выполняют НПП (природоохранной, рекреационной, ограниченного природопользования и др.), необходима всесторонняя геоэкологическая оценка их территории.

Целью исследования является анализ закономерностей распределения ТМ в системе «почва-растение» в ландшафтах модельного природоохранного объекта – Национального природного парка «Нижнесульский».

Общие закономерности и механизмы перераспределения ТМ в системе «почва-растение». ТМ являются необходимым компонентом в метаболизме растений. Однако при высоких содержаниях в почве они способны к значительной аккумуляции растениями и заметным токсичным влияниям. Изучение химического состава растений позволяет установить критерии их индикаторной способности, даёт основания использовать определённые виды растений в качестве биоиндикаторов уровней загрязнения почв [5–7].

Поступление ТМ в растения из почвы контролируют две группы факторов: содержание подвижных форм ТМ в почве, которое регулируется свойствами самой почвы, и биологические особенности растений, определяющие их взаимодействие с ионами ТМ. На поглощение ТМ растениями почва влияет двояким образом. Неоди-