

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТОВ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

И.В. Кураева ¹, Ю.Ю. Войтюк ¹, Е.П. Локтионова ¹,
А.Л. Лариков ¹, С.П. Кармазиненко ²

¹ *Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семененко
НАН Украины, Киев;* ² *Институт географии НАН Украины, Киев*

Украина относится к странам с развитым промышленным потенциалом. Поэтому комплексное геохимическое исследование урбанизированных территорий является актуальным и необходимым. Такие исследования относятся к разделу экологической геологии – экологической геохимии (В.В. Куриленко, 2004 г).

Методологическим аспектам этого направления посвящены работы: А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, Г.В. Добровольского, Ю.Е. Саета, К.И. Лукашова, В.К. Лукашова, В.С. Аношко, Н.К. Чертко, В.О. Кузнецова, Г.А. Шимко, А.К. Карабанова, В.С. Хомича, Н.С. Касимова и др.

Значительный вклад в эколого-геохимические исследования компонентов окружающей среды внесли работы украинских ученых: Э.В. Соботовича, В.М. Шестопалова, Л.Г. Руденка, Э.Я. Жовинского, Б.Ф. Мицкевича, А.Ю. Митропольского, Г.Н. Бондаренка, Г.В. Лисиченка, В.А. Емельянова, А.И. Самчука, В.В. Долина и др.

Территория восточной Украины, находящаяся в степном ландшафтно-геохимическом районе подвергается большому техногенному воздействию. В большинстве городов этого региона размещены угольные, перерабатывающие, металлургические, химические и др. предприятия. Вследствие чего техногенная нагрузка на окружающие природные объекты достигает высоких значений [1, 2]. В связи с этим урбанизированные территории активно исследуются. Это касается преимущественно крупных мегаполисов, однако следует отметить, что городам с менее развитым промышленным потенциалом, уделяется меньше внимание.

Целью нашего исследования было сравнение эколого-геохимических показателей объектов окружающей среды в г. Молочанске Запорожской области с крупным промышленным металлургическим центром (г. Мариуполь).

Объектами исследования являлись почвенные отложения и растительность гг. Молочанска и Мариуполя.

Территориально Молочанск находится в степной ландшафтно-геохимической зоне Украины [3]. В Молочанске находится несколько работающих предприятий, которые могут влиять на геохимические характери-

стики объектов окружающей среды. Это ООО «Санпласт» и ООО «Полистройинвест», относящиеся к строительной промышленности, деревообрабатывающий мебельный комбинат, завод по производству напитков и пива, Молочанское племенное предприятие.

Мариуполь расположен в степном ландшафте кальциевого геохимического класса [4]. Основным источником загрязнения окружающей среды города Мариуполь являются предприятия черной металлургии.

Фоновые участки с соответствующими ландшафтными и геохимическими условиями располагались на значительном расстоянии от указанных городов. Пробы отбирались по ГОСТу 17.4.4.02-84. Содержание тяжелых металлов (ТМ) в почвах и растительности определялось на ICP-MS анализаторе ELENENT-2, физико-химические показатели почвенных отложений – в лабораториях Института геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененка НАН Украины по методике [5].

Эколого-геохимические карты построены с использованием ГИС-системы QGIS[6], по данным открытого ресурса <https://www.openstreetmap.org>. Пространственная интерполяция распределения ТМ по методу взвешенных обратных расстояний (IDW) осуществлялась в среде статистической обработки данных R с дополнительными пакетами *sp* и *gstat*, а также в программе MapInfo 9 в соответствии с методическими рекомендациями к построению среднемасштабных карт [7, 8].

При оценке загрязнения изучаемых объектов применялся коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) [9].

Формы нахождения химических элементов определяли методом последовательных экстракций по методике из работы [10].

Коэффициент биологического поглощения (КБП) элемента рассчитан по формуле [11].

Физико-химические характеристики городских почв г. Молочанска представлены следующими показателями: рН 7,2; гумус – 4,2 %; сумма поглощенных катионов – 36,5 мг-экв на 100 г почвы; содержание глинистой фракции – 32,2 %. По валовому содержанию ТМ в городских и фоновых почвах нами определены коэффициенты концентрации и геохимическая ассоциация элементов: $Pb_{3,9} > Cu_{3,2} > Ni_{2,2} > Sn_{1,7} > Co_{1,3}$. Также построена карта Z_c рис. 1. Средний показатель Z_c г. Молочанска – 8 [3].

Загрязнение почвенного покрова г. Молочанска под воздействием промышленных предприятий не превышает умеренно опасного уровня. Наибольшее значение суммарного показателя почв характерно для южной части: территории железнодорожного вокзала Z_c – 21, территории мебельного комбината Z_c – 19. Максимальное содержание свинца в почвах

техногенных аномалий достигает 100 мг/кг, что превышает фоновое значение в 7 раз, а содержание меди доходит до 250 мг/кг, что больше фонового в 12 раз [3].

Установлено, что содержание подвижных форм ТМ в почвах техногенных геохимических аномалий Молочанска повышается по сравнению с фоновыми участками, что является объективным геохимическим показателем загрязнения почв. За подвижные принимались водорастворимая и ионообменная формы. Подвижность Pb в загрязненных почвах города увеличивается в 2,5 раза, Cu – 2, Ni – 1,4, Cr – 1,3, Zn – 1,2 [3].



Рис. 1 – Карта суммарного почвенного загрязнения ТМ, инт. 0-5см (Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Sn) г. Молочанск

Для сопоставления геохимических показателей загрязнения окружающей среды г. Молочанска нами был выбран город со значительно большей техногенной нагрузкой (Мариуполь). Нами установлено, что загрязненность почв г. Мариуполя тяжелыми металлами и другими поллютантами привело к изменениям их физико-химических свойств, которые отличаются от свойств почв на фоновых участках [2]. В загрязненных почвах уменьшается содержание органического вещества в 1,4 раза, нарушается природное равновесие рН поверхностного слоя почв, уменьшается щелочность, на порядок уменьшается содержание обменных катионов, а также емкость катионного обмена почв. В результате этих процессов почвы характеризуются очень низкой буферной способностью, например, на фоновых участках коэффициент буферности (K_6) достигает 50, а на

территории г. Мариуполя в зоне влияния предприятий черной металлургии уменьшается более чем в 10 раз.

Проведенные эколого-геохимические исследования в г. Мариуполе показали, что почвы города характеризуются очень высоким (опасным) уровнем загрязнения ($Z_c > 32$) (рис. 2). Техногенные геохимические аномалии в почвах находятся не только в санитарно-защитных зонах предприятий черной металлургии, но и в селитебно-транспортной и жилой зонах. По суммарному показателю загрязнения почвенных отложений наиболее чистой является юго-восточная часть города, что соответствует климатической розе ветров [2].

Загрязнение почв в результате работы предприятий черной металлургии привело к увеличению доли подвижных форм ТМ и нарушения их естественного соотношения (Zn в 5-6 раз, Ni - 4-6, Cu - 3-5, Pb и Cr - 2). Данные показатели отражают гораздо более значительное техногенное загрязнение почвенного покрова Мариуполя, чем Молочанска.

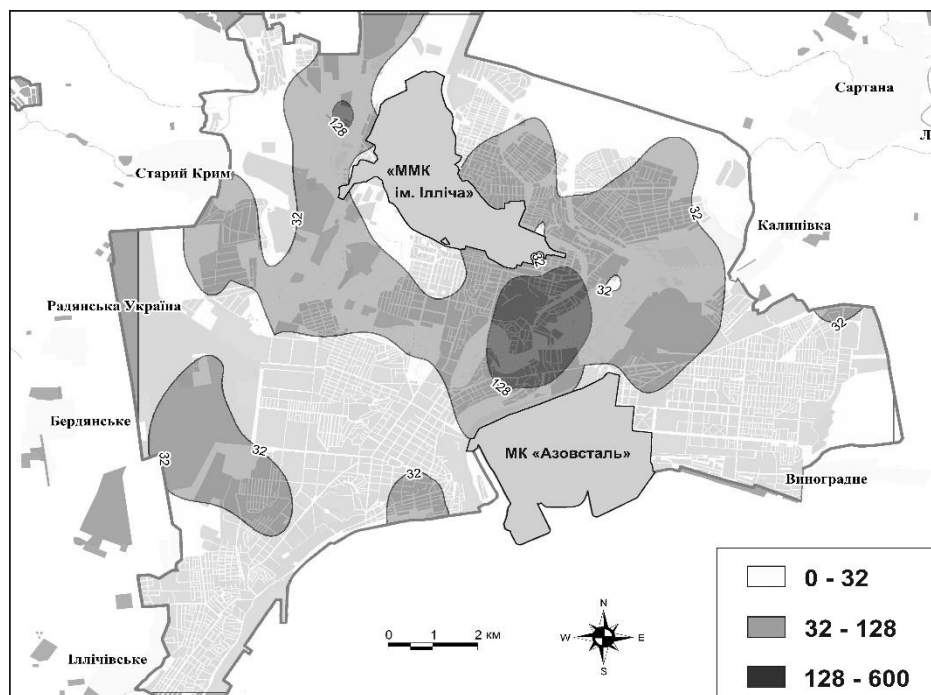


Рис. 2 – Распределение полиэлементного загрязнения почв (инт. 0-5 см) г. Мариуполь по суммарному показателю загрязнения Z_c [2]

Техногенное поступление ТМ в окружающую среду негативно влияет не только на почву, но и на растения, которые по-разному адаптируются к экстремальным эколого-геохимическим условиям окружающей среды и обладают разной предельной чувствительностью к накоплению ТМ.

Для биогеохимических исследований в г. Молочанск был выбран горец птичий (*Polygonum aviculare*). Как показали наши исследования, из

всех химических элементов только для меди характерен наибольший коэффициент биологического поглощения (КПБ). Для всех остальных элементов этот показатель соответствует фоновым значениям.

Эколого-геохимическое состояние растительного покрова на территории г. Мариуполь значительно отличается от фоновых аналогов. Наибольшее содержание ТМ в золе пырея ползучего (*Elytrigia répens*) характерно для территорий зон влияния предприятий черной металлургии, в 2–3 раза выше по сравнению с фоновыми значениями [2].

Анализ растительного материала дает менее четкую картину загрязнения по сравнению с почвами, в силу способности биологических систем к избирательности и перераспределению ТМ. Например, пырей ползучий наиболее интенсивно поглощает Mo и Cu (химические элементы сильного биологического накопления), менее интенсивно Ni, Co, меньше всего - Cr и V. Коэффициент биогеохимической активности вида, характеризующий интенсивность поглощения химических элементов растениями составляет 10,4. Зольность достигает 13,5–14,5%, что является повышенным значением по сравнению с зольностью травянистой растительности фонового участка.

Таким образом результаты исследований показывают, что долгосрочная деятельность промышленных предприятий приводит к накоплению ТМ в таких биокосных системах, как почвы, растительность и других компонентах окружающей среды. В результате происходит изменение физико-химических показателей почвенных отложений, а также геохимических и биогеохимических показателей. Увеличивается содержание подвижных форм ТМ в почвах, суммарный показатель загрязнения, соотношение их форм нахождения), изменяются коэффициенты биологического поглощения химических элементов растительностью, биогеохимическая активность. Дана сравнительная характеристика эколого-геохимического состояния почв и растительности городов степной зоны Украины с различной степенью техногенной нагрузки.

Библиографические ссылки

1. Екологія України: навчальний посібник / В.М. Шестопапов, М.М. Коржнев, С.А. Вижва та ін. К.: КНУ ім. Т.Г. Шевченка, 2011. 671с.
2. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти) / С.П. Кармазиненко, І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев. К.: Інтерсервіс, 2014. 168 с.
3. Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю., Самчук А.І. та ін. Закономірності розподілу важких металів у об'єктах оточуючого середовища урбанізованих територій України (на прикладі м. Молочанська). // Пошукова та екологічна геохімія, № 1(18). К., 2017. С.8–13.
4. Національний атлас України / гол. редактор Л. Г. Руденко; Інститут географії НАН України [та ін.]. К.: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.

5. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 487 с.
6. Bruy, A., & Svidzinska, D. (2015) QGIS By Example / Birmingham:Packt Publishing. 296 p. [in English].
7. Bivand R. S. Applied Spatial Data Analysis with R / Bivand R. S., Pebesma E. J., Gómez-Rubio V. New York: Springer, 2008. 374 p.
8. Андросова Н.К. Геолого-экологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование): учебное пособие. Москва: Издательство Российского университета дружбы народов, 2000. 98 с.
9. Сагет Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 1990. 335 с.
10. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. Минск: Наука и техника, 1990. 65 с.
11. Авессаломова И. А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. Учебно-методическое пособие / Авессаломова И. А. Москва: Изд-во МГУ, 1987. 108 с.

ГЕОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ САПОНИТСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТОВЫХ ТУФОВ

Г.Д. Стрельцова¹, О.Ф. Кузьменкова¹, В.Н. Босак², Т.В. Сачивко²

¹*НПЦ по геологии, Минск*

²*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки*

Перспективным направлением развития экономики Республики Беларусь является вовлечение в производство местных сырьевых ресурсов взамен импортируемых, а также разработка ресурсосберегающих безотходных технологий, связанных с добычей полезных ископаемых [1–6].

Сапонитсодержащие туффиты и туфы основного состава (базальтовые туфы) залегают среди потоков и покровов базальтов вендского (неопротерозойского) возраста (волынская серия, ратайчицкая свита) в юго-западной части Республики Беларусь. Глубина залегания туфов варьирует от 40–150 м в Ивановском и Пинском районах до 150–300 м – в Волковысском, Дрогичинском и Малоритском районах и 600–1500 м – в Брестском и Кобринском районах.

Основу сапонитсодержащих туфов составляет минерал сапонит $(Ca_{0,5},Na)_{0,3}[(Mg,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}](OH)_2 \times 4H_2O$ (англ. *saponite*) – глинистый минерал, слоистый силикат из группы монтмориллонита (сметтитов). Сапонит встречается в виде землистых или глиноподобных масс и скоплений в зоне выветривания магнезиальных горных пород, в частности, в основных эффузивных пород – базальтов, где он развивается как вторичный минерал по витро- и литокластам, а также заполняет миндалины и трещи-