

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ УКРАИНЫ

Л. С. Галецкий –

Институт геологических наук Национальной академии наук Украины, г. Киев

Т. М. Егорова –

Европейский университет Министерства образования и науки Украины, г. Киев

Розроблено методологію регіонального еколого-геохімічного аналізу стану навколишнього середовища, засновану на принципі диференціації техногенного забруднення. Отримано кількісні оцінки сумарного забруднення й екологічної небезпеки 12 важких металів у ґрунтах, водах і донних відкладах України. Проведено прогнозно-геохімічну й геоекологічну класифікацію 1240 ділянок захоронення твердих відходів на території України.

Methodology of regional ecology-geochemical analysis of the state of environment, based on principle of differentiation of technogenetic (техногенного) contamination, is developed. The quantitative estimations of total contamination and ecological danger of concentrations are got 12 heavy metals in soils, waters and ground deposits of Ukraine. The prognosis-geochemical is executed and geoecology classification 1240 areas of burial place of hard wastes on territory of Ukraine.

ВВЕДЕНИЕ

Состояние геологической среды Украины в значительной степени определяют техногенные факторы, обусловленные технологическими циклами предприятий горнодобывающей, энергетической, перерабатывающей промышленности и сельского хозяйства. Ежегодно предприятиями Украины сбрасывается около 17,74 млрд м³ сточных вод, накапливается 1,7 млрд т твердых отходов, в атмосферу выбрасывается 9 млн т загрязнителей. Максимальные техногенные нагрузки, измеряемые модулем 100–300 тыс. т/км²/год, испытывает геологическая среда Донецкой, Днепропетровской, Запорожской областей с наибольшей плотностью размещения предприятий горнодобывающей, металлургической, машиностроительной и химической промышленности.

Накопление промышленных отходов создает целый комплекс государственных проблем – социальных, экономических, экологических. Низкий объем переработки отходов в Украине (12 %) обуславливает их накопление и рост техногенного загрязнения всех компонентов окружающей среды. Исследованиями ресурсного потенциала отходов Украины в 70–90 гг. XX ст. были установлены промышленные концентрации редких, благородных и цветных металлов в отвалах, отстойниках, шлаках, шламах, а также выделено 7 техногенных месторождений комплексного состава [1]. В 1999–2006 гг., в рамках тематических исследований Института геологических наук НАН Украины “Изучение и оценка перспектив использования техногенных месторождений Украины” (науч. руководитель Л.С. Галецкий), впервые для Украины

были выполнены работы по региональной эколого-геохимической оценке влияния промышленных отходов на компоненты окружающей среды.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработанная методология регионального эколого-геохимического анализа позволяет решать специальные задачи экологической оценки влияния конкретных точечных объектов захоронения промышленных отходов на состояние окружающей среды Украины. Методика базируется на 5 главных принципах изучения техногенной миграции.

1. Принцип дифференциации техногенного загрязнения в зависимости от ландшафтно-геохимических условий миграции, введенный в 80-х годах XX ст. А.И. Перельманом.
2. Принцип функционального зонирования техногенных ландшафтов по геохимической специализации и интенсивности техногенной концентрации тяжелых металлов в твердых отходах промышленных объектов.
3. Региональная эколого-геохимическая параметризация почв, поверхностных вод и донных отложений по показателям суммарного загрязнения (СПЗ) и природной экологической опасности (ППЭО). Указанные параметры распределения тяжелых металлов были введены в экологическую геохимию с обоснованием их информативности в 80–90-х годах XX ст. российскими геохимиками Ю.Е. Саетом и И.А. Морозовой [1, 2]. При расчетах СПЗ в работе использованы материалы автора по фоновым содержаниям микроэлементов в ландшафтах Украины [6].

4. Эколого-геохимическая параметризация почв, поверхностных вод и донных отложений централизованных техногенных ореолов рассеивания тяжелых металлов.
5. Классификация промышленных объектов по уровням их потенциального и установленного техногенного влияния на окружающую среду.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Региональные ландшафтно-геохимические условия территории Украины определяют 5 подтипов геохимических ландшафтов: лесной равнинный на территории зоны сосновых и широколиственно-сосновых лесов с преобладанием ландшафтов кислых и кислых глеевых классов; лесной горный складчатоглыбовых структур в пределах смешанных и широколиственных лесов с ландшафтами кислых классов; лесостепной равнинный в пределах зоны широколиственных лесов и луговых степей с ландшафтами кислых и кальциевых классов; северный степной равнинный зоны разнотравно-ковыльной степи с ландшафтами кальциевых классов; южный степной равнинный зоны типчаково-ковыльной и пустынно-полынно-злаковой степи с ландшафтами кальциевых и натриевых классов [5, 7].

Основой функционального зонирования промышленных ландшафтов (ПЛ) принята система качественных параметров техногенной концентрации тяжелых металлов в местах накопления и хранения отходов. Выбор параметров и таксономические категории их классификации учитывают имеющийся уровень изученности промышленных отходов Украины. Разработанная классификация промышленных ландшафтов учитывает: тип промышленной деятельности предприятия, форму складирования и хранения отходов, площадь, занятую отходами, отрасль использования отходов (существующая или перспективная). В рамках функционального зонирования, выполненного авторами, промышленные ландшафты 1240 предприятий Украины были идентифицированы по 33 типам деятельности, 32 формам складирования, 6 размерам площадей складирования, 11 отраслям использования.

Согласно типу промышленной деятельности и отрасли использования отходов, техногенные ландшафты объединены в 2 группы. Первая – ПЛ с отходами, которые содержат или могут содержать высокие (до уровня промышленных) концентрации тяжелых металлов, благодаря чему их используют или могут использовать для добычи металлов; вторая – ПЛ с отходами, которые не могут содержать значительных концентраций тяжелых металлов и не рассматриваются в качестве их техногенного источника. Ландшафты первой группы являются региональными источниками техногенной концентрации тяжелых металлов и экологически опасного техногенного загрязнения компонентов окружа-

щей среды. Влияние на загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами ландшафтов второй группы можно рассматривать как безопасное.

Промышленные ландшафты Украины с экологически опасными отходами обусловлены 17 типами предприятий: черной и цветной металлургии, нефтепереработки, энергетики, машиностроения, химии и коксохимии, приборостроения, шахтопредприятий, обогатительных предприятий и фабрик, вагоноремонтных и судоремонтных предприятий, графитовых карьеров, горнодобывающих предприятий (железа, серы, солей, графита и др.). Промышленные ландшафты Украины с экологически безопасными отходами связаны с технологическими циклами 16 типов предприятий: сахарной промышленности, цементной и керамзитовой промышленности, камнедробильных и предприятий сыпучих стройматериалов, керамической и табачной промышленности, карьеров нерудного сырья (гранитов, мигматитов, песчаников, озокерита и др.). Из числа исследованных к первой группе отнесено 502 предприятия, ко второй – 738.

Региональное эколого-геохимическое состояние окружающей среды Украины, включая техногенные ПЛ, оценено по результатам расчетов СПЗ и ППЕБ 2760 проб почвы, 5588 проб донных отложений и 4933 проб поверхностных вод. Территории ПЛ обеих указанных выше групп характеризует интервал загрязнения от умеренного (СПЗ = 16–32) до чрезвычайно опасного (СПЗ > 128), что обусловлено особенностями техногенной концентрации и формирования техногенных ореолов рассеивания тяжелых металлов. Состояние экологической безопасности природных и природно-техногенных ландшафтов, пространственно сопряженных с промышленными, определяется интервалом от нормального (ППЕБ < 16) до чрезвычайно опасного (ППЕБ > 128), что обусловлено особенностями распространения техногенных ореолов рассеивания тяжелых металлов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе выполнения исследований авторами были привлечены результаты региональных работ по регистрации и описанию твердых отходов 1240 промышленных предприятий Украины, которые выполнялись под руководством Ф.Г. Бакланова в 1999–2001 гг. коллективом Геологического предприятия “Геоинформ” Министерства охраны окружающей природной среды Украины.

Анализ эколого-геохимического состояния окружающей среды Украины был выполнен на основе полевых и лабораторных материалов геоэкологической и гидро-литохимической съёмок Украины масштаба 1:1 000 000, которые проводились под руководством В.П. Дудкина, С.Н. Сукоркина и Ю.П. Горяева в 80–90-х годах XX ст. Государственным геологическим предприятием “Пивничукргеология”

и Предприятием “Кировгеология” Министерства охраны окружающей природной среды Украины. Материалы работ включали спектральные анализы 2760 проб гумусового горизонта почв, 5588 проб верхнего слоя аллювиальных отложений и 4933 проб сухого остатка поверхностных вод. Расчёт эколого-геохимических параметров компонентов окружающей среды выполнен по 12 тяжёлым металлам повышенной токсичности – Pb, Zn, Co, Mo, Ni, Cu, Cr, Ba, V, Mn, Sr, Ti.

Ландшафтно-геохимическая идентификация объектов исследований была выполнена Т.М. Егоровой при составлении базы региональных эколого-геохимических данных на основе специальных мелкомасштабных и среднемасштабных карт природных условий, а также хозяйственного использования земель Украины [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство промышленных ландшафтов Украины с экологически опасными отходами сформировано технологическими циклами предприятий машиностроения (22,7 %), приборостроения (20,5 %), угольных шахт (11,6 %), химии, минудобрений и коксохимии (8,6 %). По вещественному составу опасные отходы представлены преимущественно гальваническими и другими шламами (40,1 %), отвалами мягких пород (11,5 %), горелыми землями (7,9 %). Сохраняются такие отходы в шламонакопителях и на местных свалках (37,1 %) либо накапливаются на площадках меньше 1 га (18,1 %). Используются экологически опасные отходы в различных отраслях промышленности: добыче металлов (43,6 %), производстве строительных материалов (29,3 %), дорожном строительстве (18,1 %), других отраслях (3,6 %).

Экологически безопасные отходы Украины формируются главным образом технологическими циклами гранитных карьеров (45,6 %), сахарных заводов (21,1 %), камнедробильных предприятий (13,5 %). Их отходы представлены отвалами мягких пород (37,9 %), каменным отсевом (28,5 %), дефекатом (20,0 %). Такие отходы накапливаются и хранятся на площадках до 10 га (58,3 %) либо 10–100 га (18,5 %). Используются они в дорожном строительстве (46 %), для рекультивации земель (19,2 %) либо производства минеральных удобрений (11,7 %).

В результате регионального эколого-геохимического анализа установлено, что 87,1 % территории Украины соответствует нормальному и умеренно опасному загрязнению либо экологически удовлетворительному состоянию почв, поверхностных вод и донных отложений: комплексное содержание здесь тяжелых металлов, по оценкам СПЗ и ППЭО, не превышает значений 32.

Наряду с этим, на 12,9 % территории Украины содержание тяжелых металлов обуславливает опасное и катастрофическое состояние компонентов окружающей среды.

Около 18,8 тыс. км² территории Украины, занятой техногенными ландшафтами, включая промышленные, характеризуется опасным и катастрофическим комплексным загрязнением компонентов окружающей среды, что соответствует значениям СПЗ от 32 до 780. Примерно 45,9 тыс. км² природных и природно-техногенных ландшафтов отвечает опасному и очень опасному эколого-геохимическому состоянию вод, донных отложений либо почв, что характеризуется значениями ППЭО от 32 до 1907. 45,4 % этой территории (4,1 % площади Украины) пространственно связано с промышленными ландшафтами, на которых сосредоточено 297 мест складирования и захоронения твердых отходов. Технологические циклы выявленных таким образом предприятий-загрязнителей, по имеющимся данным, включают складирование отходов как экологически опасных (165 предприятий), так и экологически безопасных (132 предприятия).

Формирование техногенных геохимических ореолов предприятий-загрязнителей на территории Украины имеет ряд закономерностей. Распространенность поверхностных вод и почв с опасными уровнями ППЭО более 32 подчинена ландшафтно-геохимической зональности: природная опасность возрастает от лесных равнинных ландшафтов к южным степным (рис. 1). Максимальные значения ППЭО в техногенных гидрохимических ореолах лесных ландшафтов не превышают 45–81, в северных степных составляют 188–450, в южных степных достигают 864–1872. Средние значения кларков концентрации тяжелых металлов в техногенных гидрохимических ореолах степных ландшафтов – от 30 до 100, лесных – от 2 до 10. Распространенность опасного и катастрофического загрязнения компонентов окружающей среды с СПЗ более 32 согласуется с плотностью размещения и значимостью экологической опасности промышленных ландшафтов (рис. 2). Максимальные значения СПЗ в техногенных гидрохимических ореолах варьируют незначительно; между тем, в лесных ландшафтах (достигают 46–148) они ниже, чем в южных степных (составляют от 140 до 175). В степных ландшафтах, с низкой подвижностью большинства тяжелых металлов, источниками опасного загрязнения поверхностных вод являются 32–35 % промышленных ландшафтов с экологически опасными отходами и только 11 % с экологически безопасными отходами. Обратная зависимость характеризует соотношение техногенных ореолов в лесных равнинных ландшафтах с повышенной подвижностью большинства тяжелых металлов.

Предприятия-загрязнители с экологически опасными отходами являются реальными источниками высоких техногенных концентраций определенных элементов, что обуславливает формирование техногенных ореолов рассеяния тяжелых металлов в компонентах промышленных, а также сопряжен-

ных с ними природно-техногенных ландшафтов. Большинство таких источников загрязнения сформированы отходами предприятий приборостроения (19,4 %), цветной металлургии (18,8 %) и машиностроения (10,8 %). По физико-химическому состоянию это гальванические шламы (37,6 %) или отвалы мягких пород (24,8 %), которые занимают площадь до 1 га (26,1 %) и используются для вторичной добычи металлов (54,5 %) или производства строительных материалов (29,7 %). Протяженность техногенных

ореолов рассеивания для большинства предприятий не превышает 1 км. Однако опасные уровни эколого-геохимических параметров были установлены на расстоянии от мест захоронения твердых отходов до 25–35 км в поверхностных водах, до 3 километров в почвах и 15–35 км в донных отложениях. Техногенные ассоциации гидрохимических ореолов с коэффициентами концентрации от 10 до 300 включают большинство исследованных микроэлементов – Cr, Ni, Ba, Pb, Mn, Mo, Sr, Cu, Zn, V. Техногенные литогеохимиче-

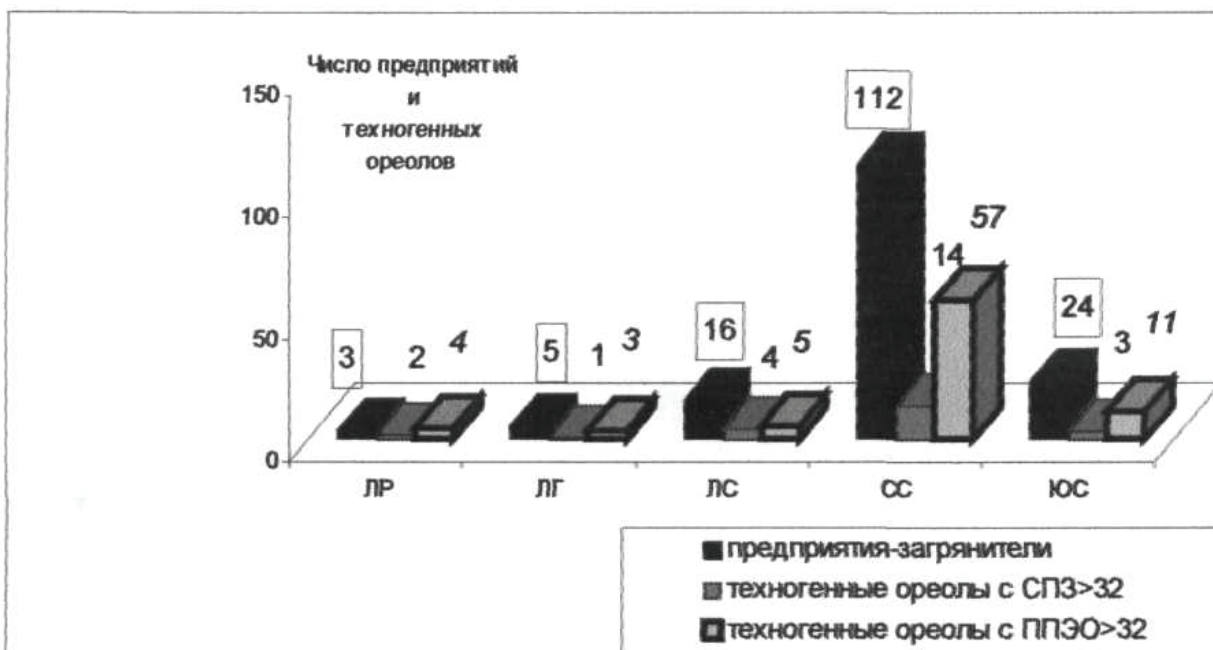


Рис. 1. Распространение в геохимических ландшафтах Украины техногенных точечных гидрогеохимических ореолов рассеивания предприятий-загрязнителей с экологически опасными отходами

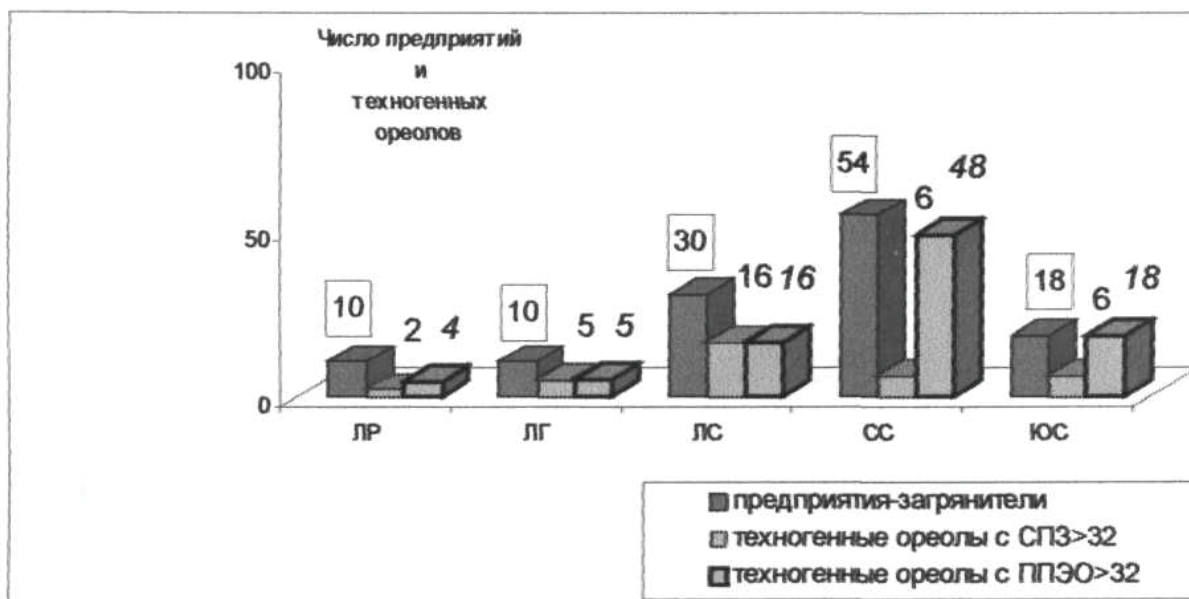


Рис. 2. Распространение в геохимических ландшафтах Украины техногенных – точечных гидрогеохимических ореолов рассеивания предприятий-загрязнителей с экологически безопасными отходами

ские ореолы с коэффициентами концентрации от 2 до 50 формируют V, Pb, Ni, Cu.

Предприятия-загрязнители с экологически безопасными отходами не могут являться весомыми источниками поступления в окружающую среду тяжелых металлов, что позволяет рассматривать их как неизученные источники загрязнения. Основную их часть составляют карьеры нерудного сырья с отвалами мягких пород и каменным отсевом, занимающими площади от 1 до 10 га и используемыми в дорожном строительстве либо при рекультивации земель. Техногенные гидрохимические ореолы этих предприятий, протяженностью 20–26 км, составляют Pb, Cr, Co, Mo, Cu; литогеохимические ореолы, как правило, имеют протяженность до 1–6 км и образуются Cu, Mn, Pb, V, Zn.

Выводы

Впервые для территории Украины выполнен региональный анализ влияния тяжелых металлов промышленных отходов на состояние окружающей среды и определен уровень экологической опасности 1240 объектов складирования твердых отходов. Большинство экологически опасных отходов Украины формируют машиностроительные и приборостроительные предприятия, накапливающие гальванические и другие шламы, которые вывозятся на свалки, где складироваются в комплексе с другими отходами либо размещаются на площадях до одного гектара; используют их как для вторичной добычи металлов, так и для производства строительных материалов; 32 % таких предприятий сформировали устойчивые техногенные ореолы в водах и почвах. Основные объемы экологически безопасных промышленных отходов накапливаются на площадях от 1 до 10 га при разработках карьеров нерудного сырья и производстве сахара; это отвалы мягких пород и дефекат сахаропереработки; применяют их в дорожном строительстве, рекультивации и орошении земель; 18 % этих предприятий являются возможными источниками техногенных ореолов в водах, почвах и донных отложениях.

Эколого-геохимический анализ промышленных, а также сопряженных с ними природно-

техногенных ландшафтов позволил определить их приоритетность при формировании экологически опасных содержаний тяжелых металлов в водах, почвах и донных отложениях Украины. 23,9 % исследованных промышленных ландшафтов обуславливают 45,4 % опасного загрязнения и эколого-геохимического состояния окружающей среды Украины. Отходы 297 промышленных предприятий являются источником техногенных гидрохимических и литогеохимических ореолов рассеивания Cr, Ni, Ba, Pb, Mo, Sr, Cu, V, Mn, Ti протяженностью до 25–35 км в поверхностных водах, до 3 км в почвах и 15–35 км в донных отложениях малых рек при преобладающей их протяженности до 1 км.

Первоочередных исследований и мониторинга требуют промышленные ландшафты высокого и катастрофического загрязнения почв, вод и донных отложений, пространственно связанные с местами складирования экологически безопасных твердых отходов, которые широко используются в дорожном строительстве, рекультивации земель, производстве строительных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геохимия окружающей среды / Саєт Ю.Є., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. – М: Недра, 1990. – 335 с.
2. Морозова И.А. Геохимические ландшафты и экологическая опасность // Прикладная геохимия. – Вып. 1. Геохимическое картирование. – М: ИМГРЭ, 2001. – С. 122–135.
3. Атлас. Геологія і корисні копалини України. Масштаб 1:5 000 000 / Гол. ред. Л.С. Галецький. – К.: Вид.: «Такі справи», 2001. – 168 с.
4. Єгорова Т.М. Інформаційне забезпечення системного аналізу еколого-геохімічних даних // Екологія та охорона довкілля. – 2003. – № 4. – С. 40–44.
5. Єгорова Т.М. Ландшафтно-геохімічна структура території України як методологічна основа еколого-геохімічних досліджень // Екологія та охорона довкілля. – 2003. – № 2. – С. 71–77.
6. Єгорова Т.М. Нові можливості еколого-геохімічних досліджень мікроелементів // Геологічний журнал НАНУ. – 2003. – № 4. – С. 48–54.
7. Міцкевич Б.Ф. Геохімічні ландшафти Українського щита. – К.: Наукова думка, 1971. – 174 с.