

Екологічна геохімія

УДК 550.42 (476)

Техногенное загрязнение покровных отложений на территории Белорусского Полесья

*Бордон В. Е., Матвеев А. В., Нечипоренко Л. А.
Государственное научное учреждение "Институт геохимии и геофизики
НАН Беларуси", Минск
geochem@tut.by*

Рассмотрены особенности техногенного загрязнения покровных отложений на территории Белорусского Полесья. Указаны основные факторы, влияющие на параметры техногенного загрязнения.

По данным Всемирной организации здравоохранения влияние экологического фактора на здоровье населения оценивается в среднем в 20–30 %, а по отдельным заболеваниям – до 55 % [1]. Ухудшение же экологической обстановки в основном связано с техногенным воздействием на природные комплексы, причем немаловажную роль играет загрязнение покровных отложений тяжелыми металлами и другими элементами, неблагоприятно воздействующими на человека. В связи с этим проблемами экологической геохимии на территории Беларуси занимались многие исследователи (В. А. Кузнецов, А. В. Кудельский, В. К. и К. И. Лукашевы, М. П. Оношко, Н. К. Чертко, В. С. Хомич и др.). Однако, специальных комплексных работ на территории крупных регионов выполнено явно недостаточно, что и предопределило постановку исследований по проектам № Х05К-32 и № Х07К-44 Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, результаты которых легли в основу представляемой статьи.

Фактическим материалом для публикации послужили результаты спектральных анализов более 400 образцов покровных отложений, отобранных во время полевых работ с глубины 0,0–0,05 м и 0,8–0,9 м. Учитывая, что наиболее загрязнен самый верхний (гумусированный) слой, такой отбор проб позволил определить, с одной стороны, элементы, повышенная концентрация которых связана с техногенными факторами, а с другой – элементы, которые в существующих геохимических условиях наиболее интенсивно выносятся в нижележащие слои или, наоборот, поступают из более глубоких горизонтов в процессе их вертикальной миграции.

Помимо специально отобранных проб при выполнении исследований анализировались также опубликованные материалы [2–9]. Кроме того, для уточнения контуров зон загрязнения вокруг городов использовались снимки с искусственных спутников Земли системы "Метеор-Природа" среднего разрешения из массивов зимних съемок 1988–1996 гг., которые были любезно предоставлены Институтом геохимии Российской академии наук (г. Иркутск). При изучении химического состава снежного покрова анализировались также материалы В. Г. Прокачева и

др. [10], Я. И. Аношко, В. Е. Бордона [11], В. Е. Бордона и др. [12–13], учитывались "Временные методические рекомендации ..." [14] и др. Оpoznаемый по снимкам на фоне снежного покрова ореол соответствует зоне осаждения выделяемых промышленными центрами пылевых и аэрозольных выбросов, т. е. территории интенсивного техногенного загрязнения окружающей среды.

На выявленных по материалам дистанционных исследований участках загрязнения наземным исследованием снега и покровных отложений уточнялся состав элементов-загрязнителей. Следует особо подчеркнуть, что при выполнении работ не изучались особенности распределения техногенных выбросов радионуклидов, что потребовало бы применения иных методик. К тому же этой проблеме посвящено достаточно много специальных публикаций.

Основные факторы техногенной преобразования покровных отложений. Изменение состава покровных отложений происходит, прежде всего, под влиянием промышленных и сельскохозяйственных предприятий, автотранспорта, мелиорации, загрязнения коммунальными отходами и т. д. При этом особенно значительные трансформации отмечаются на территории городов, на площади и вблизи которых сосредоточены основные промышленные производства, повышена концентрация транспортных средств, в больших количествах накапливаются бытовые и промышленные отходы. При анализе техногенного загрязнения городских территорий Белорусского Полесья, с учетом имевшегося в распоряжении авторов фактического материала, а также ряда публикаций [3, 8, 9, 15, 16], сделан вывод, что в среднем уровень концентрации тяжелых металлов (наиболее опасных в экологическом отношении загрязнителей) даже в самых крупных городах Полесья – Бресте, Гомеле, Калинковичах, Кобрине, Лунинце, Мозыре, Пинске, Речице, Светлогорске, Солигорске и других не превышает ПДК. В то же время, на отдельных участках всех селитебных территорий содержание отдельных химических элементов и их соединений может достигать величин, которые представляют серьезную опасность для населения. Так, установлено, что в Бресте встречаются площади, на которых со-

держание Pb достигает 6,7 ПДК, Ni – до 1,2, Zn – до 2, Mo – до 1,5 ПДК и др. [4]. Однако, в целом территория этого города наименее загрязнена, по сравнению с другими областными центрами страны.

В Гомеле на некоторых участках в покровных отложениях заметно повышены значения концентрации Pb, F, SO₄, а вблизи города, у д. Зябровка, отмечено интенсивное загрязнение нефтепродуктами, которые образуют на поверхности грунтовых вод значительную по размерам линзу. В Калинковичах установлено локальное превышение ПДК по Zn, Pb, Ni, Cu, Mo, а в слое 0,0–0,2 м количество нефтепродуктов иногда возрастает до 12–30 г/кг. В Кобрине выявлено превышение значения фонового содержания для Pb, на площади 4000 м² получил распространение слой нефтепродуктов мощностью до 5 см. В Лунище зарегистрировано аномальное количество F, Pb, в Пинске – Cu, Mn, Pb, SO₄, нефтепродуктов, в Речице – Pb, Zn, Cu, Mn, Cd, а содержание нефтепродуктов на отдельных площадях в слое 0,0–0,2 м достигает 8 г/кг. В Светлогорске значения содержания Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, V значительно превышают фоновые (иногда в 12–18 раз), F образует вокруг города аномалию радиусом до 10 км.

Все перечисленные особенности обычно связываются с выбросами промышленных предприятий, транспортных средств, утечками на нефтебазах, заправках, станциях технического обслуживания транспортных средств. В целом выбросы от всех стационарных и передвижных источников в Брестской области оцениваются примерно в 290 тыс. т в год, в Гомельской – около 350 тыс. т [8]. В составе этих выбросов отмечены Cr, Ba, Mn, Ti, Be, Pb, Zn, As, Cd и др.

Значительное загрязнение связано также со свалками, существующими возле городов. Так, в районе Светлогорска и Гомеля накоплено свыше 50 млн т твердых и жидких коммунальных отходов, в Бресте, Кобрине, Пинске, Солигорске, Речице, Мозыре эта цифра несколько меньше – до 30 млн т. Объем ежегодно складированных отходов по районам составляет: Брестский, Мозырский, Светлогорский – до 100 тыс. т, Жабинский – до 500 тыс. т, Гомельский, Речицкий, Солигорский – более 1 млн т, остальные – до 5 тыс. т [17]. В почвенном слое территорий, смежных со свалками, накапливаются Ni – до 500–700 мг/кг, Cr – 2500–3600, Mn – 1700–8200, Ba – 1000–2000, Zn – 2000–10000, Pb – до 500, Cu – до 3000 мг/кг [18–20].

В районе Бреста, Гомеля, Мозыря, Пинска, Светлогорска расположены теплостанции, которые также активно загрязняют природную среду С, P, Si, Al, S, Ni, Cu, V – как в связи с выбросами в атмосферу, так и отвалами золы.

В результате различных техногенных выбросов вокруг городов формируются ореолы загрязнения покровных отложений со средним радиусом 10–15 км. На этой площади повышено содержание Pb, Zn, Cu, Mn, Cr, Ni, V, встречаются контрастные аномалии Hg, Bi, Cd, Ag, Cr. В реках и аллювиальных отложениях ниже городов по течению возрастает содержание Na, K, хлоридов, сульфатов в

5–10 раз по сравнению с фоном, тяжелых металлов (Zn, Cu, Mn, V, Cd) – до 2–10 ПДК, повышено содержание нефтепродуктов, фенолов, соединений азота, ядохимикатов.

Значительные преобразования покровных отложений на территории Белорусского Полесья происходят также под влиянием горнодобывающей и химической промышленности. В частности, в пределах региона добывается каменная и калийная соли, нефть, щебень (шахты по добыче соли в районе г. Солигорска, многочисленные месторождения нефти на территории Припятского прогиба, крупный карьер по добыче щебня вблизи г. п. Микашевичи), построены крупные химические комбинаты в районе Гомеля, в Светлогорске и вблизи Мозыря. Например, по данным [21], на территории Солигорских калийных комбинатов отвалы занимают площадь около 500 га (свыше 700 млн т), шламохранилища – более 800 га (свыше 70 млн т жидких отходов). Ежегодно в отвалы поступает около 30 млн т глинистых отложений и солей. Из шламохранилищ утечка достигает 890 тыс. м³/год рассолов. Засоление покровных отложений происходит и за счет рассолов, поступающих с отвалов, в процессе золотого разнесения материала и при выбросах в атмосферу. В результате сформировалось пятно загрязнения площадью около 400 км². На эту территорию ежесуточно оседает 100–300 г/га и более солей NaCl + KCl. Здесь же повышено содержание В, Cu, Pb, Zn, S, Cd, Cr, Mn.

При разведке и добыче нефти загрязнено около 600 га территории. Значительные изменения покровных отложений произошли под влиянием Гомельского химзавода [5]. Здесь скопилось более 15 млн т отходов на площади около 90 га, происходит загрязнение покровных отложений и вод сульфатами, фосфатами, фтором, повышено содержание Ti, Cu, Sr, Zn, Cd. На площади вокруг Светлогорского химического комбината также повышены концентрации Cd, Hg, Zn, Ni, Cu, V. Мозырский нефтеперерабатывающий комбинат ежегодно выбрасывает в атмосферу почти до 20 тыс. т различных веществ; вызвал загрязнение почв нефтепродуктами, вокруг комбината в покровных отложениях повышено количество нефтепродуктов, а также Ni, V, Mn, Ti, Cr, Nb.

Серьезные преобразования природной среды произошли в связи с мелиоративными работами. В частности, заметно изменился характер миграции химических элементов, что привело к накоплению в покровных отложениях Si, Al, Fe, Ca, усилению минерализации торфа, разрушению углеводородных комплексов торфяников. Кроме того, иссушение приповерхностных пластов способствует их рассеянию ветром и выносу многих микроэлементов, к резкому убыванию воды в озерах и реках и т. д. Эрозионные потери почвенной массы обуславливают не только вынос микроэлементов, но и утрату ряда питательных компонентов – N, K, P и др. Искусственное повышение плодородия торфяников, по данным экспериментальных исследований С. Е. Головатого [2], способствует снижению подвижности Cd, Zn, Pb, Co, Ni, Cu, Bi, Mn и других тяжелых металлов в почве и накоплению их в растениях.

Наконец, следует отметить еще один серьезный фактор техногенного воздействия на геохимические особенности покровных отложений – загрязнение зон вдоль транспортных магистралей, в первую очередь, крупных автомобильных дорог. Общеизвестен факт обогащения придорожных полос свинцом. Проведенные авторами исследования показали, что на территории Белорусского Полесья в непосредственной близости от шоссе в основном отмечены превышающие кларковые значения содержания следующих микроэлементов, г/т: Ni до 50, V до 100, Cr до 200, Pb до 50, Ti до 5000. Более детальные исследования влияния выбросов автотранспорта на покровные отложения были проведены по профилю через дорогу Брест – Минск (юго-восточнее Кобрин). Эти работы показали, что зона загрязнения вдоль шоссе простирается в обе стороны не менее, чем на 100 м. Полученные данные соответствуют выводам Н. И. Игнатенко [22], который считал, что наиболее интенсивная контаминация свинца в придорожных полосах отмечается в 2–20 м от автострад и прослеживается обычно на расстоянии до 100–150 м. Проникновение техногенных выбросов вглубь (вниз по почвенному разрезу) зависит от типа почв и варьирует от 30–40 см до 85–100 см.

Региональные техногенные изменения состава покровных отложений. Проявление рассмотренных выше факторов наиболее заметно сказывается на локальных площадях. В то же время суммарный эффект их деятельности приводит и к региональным изменениям концентраций микроэлементов в покровных отложениях. В определенной мере этому содействует также трансграничный перенос выбросов [23], который распространяется на всю территорию страны.

Для выявления региональных изменений проведено сопоставление результатов анализов образцов, которые отобраны с разных глубин и из различных генетических типов отложений. Такой подход, с учетом неодинаковых условий миграции и аккумуляции химических элементов в разных по составу отложениях, различающейся пересеченности рельефа, позволил более полно охарактеризовать состав элементов загрязнителей, которые накапливаются в покровных отложениях.

Установлено, что не варьируют по глубине концентрации Co (наиболее характерное значение ~ 1 г/т), Ni (15–40), V (25–45), Mo (~ 1), Nb (10–20), Yb (~ 1), Y (2–10), Be (< 3), Ga (10–20), Sc (~ 10), Sn (~ 1), Ba (0–1 до 100–700), Li (~ 10), B (20–30 г/т). Содержание остальных элементов заметно изменяется по разрезу. В частности, в гумусированном слое во всех типах отложений накапливаются Mn, Pb, Zr, Zn, P, понижено содержание Cr. Концентрация Ti в самом верхнем слое также в основном возрастает. Исключение составляют аллювиальные отложения, где повышенное значение элемента приурочено к глубине 0,7–0,8 м. Количество Cu в моренных и конечно-моренных отложениях возрастает в слое 0,0–0,05 м, а в озерно-аллювиальных, аллювиальных и флювиогляциальных отложениях – в слое 0,7–0,8 м.

Выводы и рекомендации. 1. В целом уровни накопления или рассеяния тяжелых металлов и других элементов и их соединений как техногенного, так и природного генезиса зависят от целого ряда причин – количественного и качественного состава техногенных выбросов, подвижности элементов и форм их содержания в породе (почве), геохимических особенностей миграции в зависимости от pH и окислительно-восстановительных условий среды, адсорбционных параметров пород, испарительной концентрации, источников поступления тяжелых металлов, наложения техногенных аномалий на природные и ряда других факторов.

2. По нашим и литературным данным [24, 25], тяжелые металлы и другие техногенные загрязнители природных ландшафтов, в том числе почв, накапливаются преимущественно вокруг промышленных предприятий, электростанций, центров по добыче и переработке нефти, транспортных магистралей, предприятий по добыче и изготовлению строительных материалов.

3. Химизация сельского хозяйства приводит к постепенному накоплению в почвах на глубине до 0,5–0,8 м тяжелых металлов и других элементов-загрязнителей. Например, простые азотные удобрения содержат, г/т: Zn – 0,5–50; Cu – 1,5–14; Pb – 0,1–1,3; Ni – 2,5–7,5; калийные удобрения: Mn – 1,5–140; Pb – 12–20; Zn – 0,5–21; Ni – 2–19; Cu – 1,5–15; Cd – 4; Fe – 403.

4. Промышленная деятельность обуславливает возникновение огромного количества отходов и как следствие – накопление редких элементов с повышенной технофильностью и экологической токсичностью – Hg, Pb, Cd, Zn, Co, Cu, W, Sn, Ag и др.

5. Добыча, переработка и транспортировка нефти и ее производных приводит к загрязнению ландшафтов не только нефтепродуктами, но и такими элементами, как V, Mn, Co, Cr и другими.

6. Добыча, обогащение и транспортировка калийной и каменной солей, наличие солевых загрязнителей почву – микроэлементами, в том числе тяжелыми металлами, влияют на качество вод, атмосферы (солевая пыль).

7. Известно, что в радиусе 1 км от источника техногенного загрязнения на почве оседает примерно 1–3 % общего количества тяжелых металлов, границы ареала техногенного загрязнения Pb, Cd, Zn, другими металлами может отстоять на 6–7 км от источника техногенного загрязнения [25] в зависимости от интенсивности выбросов, особенностей миграции и наличия на путях транспортировки геохимических барьеров. Очевидно, при экологическом картировании следует учитывать эти факторы и выявлять точные конфигурации техногенных аномалий.

8. Учитывая, что техногенное загрязнение ландшафтов происходит в основном через атмосферу (пары, аэрозоли, пыль и т.д.), считаем актуальным организацию постоянного мониторинга снежного покрова, в частности в промышленных зонах Полесья; это позволит четко выявить динамику техногенного воздействия на почвенный слой и на ландшафты в целом, изменения в направлении миграции элементов-загрязнителей и т.д.

9. При использовании в сельском хозяйстве минеральных удобрений следует детально изучить содержание в них элементов-примесей, тем более, что их концентрация различна в зависимости от месторождений сырья. Например, в фосфорных удобрениях из зарубежного сырья (из-за пределов СНГ) количество As может достигать 1200 г/т, из российского сырья – только 9,3; в суперфосфате из австралийского сырья содержится 50–170 г/т Cd, из российского – 5 и т.д. [25].

Исследования проведены при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект Х05К-032 и Х07К-044).

1. Губин В. Н., Ковалев А. А., Коркин В. Д., Комаровский М. Е. Геозология Минского региона. – Минск, 2005. – 116 с.
2. Головатый С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах. – Минск, 2002. – 240 с.
3. Гречко А., Усенко В., Кацемба С. и др. Опыт изучения загрязнения нефтепродуктами почвенных грунтов и природных вод в Республике Беларусь // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геозологии. – Минск, 2005. – Т. 2. – С. 27–31.
4. Карпук В. К. Техногенное влияние на формирование урбандиафтов г. Бреста // Современные проблемы геохимии: материалы республиканской научной конференции. – Минск, 2002. – С. 98–101.
5. Коцур В. В. Миграция загрязнения в супесчано-суглинистых моренных грунтах на участке складирования фосфогипса // Современные проблемы геохимии: материалы республиканской научной конференции. – Минск, 2002. – С. 114–117.
6. Матвеев А. В., Лиштван И. И., Ковалев А. А. и др. Эколого-радиационные паспорта административных районов (на примере Солигорского района). – Минск, 1994. – 78 с.
7. Матвеев А. В., Аношко Я. И., Бордон В. Е., Бордон С. В. Эколого-геохимическая характеристика г. Солигорска // Проблемы водных ресурсов, геотермии и геозологии. – Т. 2. – Минск, 2005. – С. 79–80.
8. Состояние природной среды Республики Беларусь: экологический бюллетень 1996 / Под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 1997. – 225 с.
9. Хомич В. С., Какарска С. В., Кухарчик Т. И., Кравчук Л. А. Эколого-геохимический анализ г. Светлогорска: методология и результаты // Современные проблемы геохимии: материалы республиканской конференции. – Минск, 2002. – С. 228–231.
10. Прокачева В. Г., Чмутова Н. П., Абакуменко В. П., Усачев В. Ф. Зоны загрязнения снежного покрова вокруг городов на территории СССР. – Л., 1998. – 125 с.
11. Аношко Я. И., Бордон В. Е. Геохимические подходы в экологическом картировании // Материалы IV Объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии. – Иркутск, 1994. – С. 27–28.
12. Бордон В. Е., Ермоленко В. А., Жмойдяк Р. А. Экологическое картирование – новые подходы // Материалы IV Объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии. – Иркутск, 1994. – С. 30–31.
13. Бордон В. Е., Бордон С. В. К особенностям распределения и миграции микроэлементов в снежном покрове // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. – Семипалатинск, 2000. – С. 101–103.
14. Временные методические рекомендации по использованию спутниковой информации. Оценка загрязнения снежного покрова вблизи промышленных центров. – Л., 1984. – 47 с.
15. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: национальный доклад. – Минск, 2001. – 96 с.
16. Национальный атлас Беларуси. – Минск, 2002. – 292 с.
17. Лысуха Н. А., Сянько А. С. Аб'ёмы назапашаных прамысловых адходаў. М 1:5 000 000 // Нацыянальны атлас Беларусі. – Мінск, 2002. – С. 26.
18. Волкова Н. П., Лебедева Л. Д. Полигоны ТБО и ТПО как фактор дестабилизации природных комплексов // Современные проблемы геохимии: материалы республиканской научной конференции. – Минск, 2002. – С. 44–48.
19. Кудельский А. В. Дестабилизация природных комплексов Белоруссии // Вестник АН СССР. – 1990. – № 12. – С. 59–71.
20. Кудельский А. В. Современные проблемы гидрогеологии и геозологии: избранные труды. – Минск, 2005. – 536 с.
21. Тяшкевич И. А., Шуляк Ж. П., Понтус А. Р. и др. Разработка автоматизированной технологии дешифрирования аэрокосмических снимков для оценки геозологического состояния горнорудных районов (на примере Солигорского горнопромышленного района) // Современные проблемы геохимии, геологии и поисков месторождений полезных ископаемых: материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика К. И. Лукашевича. – Минск, 2007. – С. 92–94.
22. Игнатенко Н. И. Геохимия свинца в зоне гипергенеза на примере Белоруссии / Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Минск, 1986. – 20 с.
23. Иванов А. Трансграничный перенос загрязнений в атмосфере Беларуси // Наука и инновации. – 2006. – № 3 (37). – С. 21–27.
24. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 148 с.
25. Жовинский Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – К.: Наук. думка, 2002. – 213 с.

Розглянуті особливості техногенного забруднення покривних відкладів на території Білоруського Полісся. Вказані основні чинники, що впливають на параметри техногенного забруднення.

The features of contamination of integumentary deposits are considered on territory of Byelorussian Poles'ya. Basic factors, influencing on the parameters of contamination, are indicated.