

**О.В. ШЕРШНЕВ, А.И. ПАВЛОВСКИЙ**

Республика Беларусь, г. Гомель, ГГУ имени Ф. Скорины

E-mail: gomelgeo@yandex.ru, aipavlovsky@mail.ru

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Работа посвящена анализу пространственных особенностей формирования техногенных гидрогеохимических аномалий тяжелых металлов в зоне влияния не утилизированных отходов фосфогипса Гомельского химического завода (ГХЗ).

Исходными данными послужили результаты химических анализов, полученные в рамках проведения локального гидрогеохимического мониторинга подземных вод за период 2012–2015 гг. Аналитические работы предусматривали определение следующих тяжелых металлов: Cu, Zn, Cr (общ.), Co, Pb, Cd, As, Hg. Определение тяжелых металлов проводилось методом атомной абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционных спектрометрах МГА-915 и SPECTR AA 240 Z. Диапазон измеряемых концентраций, мг/дм<sup>3</sup>: для Cd – 0,0005–1, Co и Pb – 0,005–10, Cr и Zn – 0,002–10, Cu и As – 0,001–10 и Hg – 0,0002–0,01.

Объектом исследования являлись водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным (грунтовый и березинско-днепровский (подморенный) водоносный горизонт) и палеогеновым (палеогеновый водоносный горизонт) отложениям, залегающим на глубинах от 2 до 35 м. Водоносные горизонты разделены двумя водоупорами, первый из которых представлен моренными супесчано-суглинистыми отложениями, а второй сложен алевритами, глинами и суглинками, разделяющими подморенный и палеогеновый водоносный горизонт.

Общий механизм поступления загрязняющих веществ в подземные воды обусловлен инфильтрацией атмосферных осадков в грунтовый водоносный горизонт и дальнейшим продвижением загрязнения в межпластовые водоносные горизонты на участках нисходящей фильтрации.

Анализ таблицы показывает, что за рассматриваемый период времени концентрации тяжелых металлов в подземных водах варьировали в широком диапазоне: от уровня порога чувствительности метода определения, до, превышающих ПДК. В последнем случае это, прежде всего, относится к грунтовым водам, в которых превышение ПДК таких элементов как Cu, Co и Cr составляет 7–10 раз, а для Cd возрастает в 180 раз. В подморенном и палеогеновом водоносном горизонте концентрации тяжелых металлов никогда не превышают ПДК и весьма близки к их содержанию в естественных (слабонарушенных) условиях Республики Беларусь и отдельных хозяйственных объектах территории Гомельского Полесья.

**Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в подземных водах, мкг/дм<sup>3</sup> и фосфогипсе, мкг/кг**

Объект	Cu	Pb	Zn	Cd	Co	Cr	As	Hg
ГХЗ, ГВГ <sup>4</sup>	<1–7310 <sup>1</sup>	0–21	1,6–37	<0,5–180	0–1100	<2–340	<5–17	<0,2–0,2
ГХЗ, ПМВГ	0–5,5	0–5	2,7–36	0–0,5	0–5	<2–6	<5–5	<0,2–0,2
ГХЗ, ПВГ	<1–7,1	0–5	1,1–32	<0,5–0,5	0–5	<2–2	<5–5	<0,2–0,2
ГВ <sup>2</sup>	3,2–2,5	7,4–12,4	70–40	<1–2,2	– <sup>5</sup>	–	–	–
АВ <sup>2</sup>	2,1–2	7,4–15	26–40	<1–<1	–	–	–	–
ГВ, д. Носовичи	0,4–7,8	4,4–27	–	–	0–2,4	–	–	–
ГВ, д. Лагуны [1]	0,2–4,5	0–94,3	–	–	0–2	–	–	–
ВЗ «Салют», г. Хойники, ПВГ [2]	5,98	0,57	19	0,09	0,48	0,18	0,3	<0,01
ПДК <sup>3</sup>	1000	30	5000	1	100	50	50	0,5
Фосфогипс [3]	13000	8100	84400	40	4100	12800	–	–

<sup>1</sup> – минимальная и максимальная концентрация за период 2012–2015 гг., <sup>2</sup> – грунтовые (ГВ) и артезианские воды (АВ) в естественных (слабонарушенных) условиях за период 2012–2013 гг. по данным Национальной сети мониторинга [4], <sup>3</sup> – ПДК для питьевых вод (СанПиН 10–124 РБ 99), <sup>4</sup> – сокращения: ГВГ – грунтовый водоносный горизонт, ПМВГ – подморенный водоносный горизонт, ПВГ – палеогеновый водоносный горизонт, ВМВГ – верхнемеловой водоносный горизонт, ВЗ – водозабор, <sup>5</sup> – данные отсутствуют.

Высокие концентрации тяжелых металлов в грунтовых водах, превышающие ПДК, тяготеют к центральной части отвалов фосфогипса. По величине среднего содержания они образуют ряд: Cu>Co>Cr>Cd>Zn>Pb>As>Hg. В зоне ближней периферии (на границе отвалов) и по направлению потока подземных вод (в северо-западном и юго-восточном направлениях) их содержание в грунтовых водах резко сокращается и практически сравнивается с фоновым, образуя ряд: Cu>Zn>Pb≥Co>As>Cr>Cd>Hg, который в целом аналогичен среднему распределению этих элементов в грунтовых водах страны.

В подморенном и палеогеновом водоносном горизонте абсолютные концентрации тяжелых металлов близки между собой, что позволяет объединить их в единый ряд распределения для обоих водоносных горизонтов: Zn>Pb=Co=As>Cr≥Cu>Cd>Hg. Сравнение второго и третьего ряда распределения показывает, что положение в них элементов практически идентично (за исключением Cu), как и их абсолютные концентрации, которые преимущественно находятся на уровне порога чувствительности метода определения.

Рассчитанные коэффициенты контрастности ( $K_k$ ) для суммы тяжелых металлов, которые характеризуются коэффициентом концентрации ( $K_c$ ), определяемым как отношение среднего содержания элемента в исследуемом объекте к его среднему фоновому содержанию, показывают, что исключительно высокая контрастность тяжелых металлов ( $K_k 1895$ ) наблюдается в грунтовом водоносном горизонте и приурочена к центральной части

отвалов фосфогипса. Основная роль в формировании аномалии принадлежит меди, а также кадмию и кобальту концентрации которых превышают фоновые более чем в 100 раз. На участке ближней периферии контрастность в содержании элементов резко снижается до значительной ( $K_k 19$ ). Лишь для Си отмечаются периодические отклонения от фона. Концентрации его изменяются от минимальных, на уровне порога чувствительности метода определения, до, значительных, превышающих фон более чем в 10 раз. В зоне дальней периферии (у границы санитарно-защитной зоны) на расстоянии 1000 м от отвалов в грунтовом водоносном горизонте обнаруживается слабая контрастность ( $K_k 8-11$ ) тяжелых металлов.

В водах подморенного и палеогенового горизонта в пределах площади размещения отвалов фосфогипса и до границы санитарно-защитной зоны наблюдается слабая контрастность по сумме тяжелых металлов –  $K_k 6-10$ . Концентрации элементов находятся на уровне порога чувствительности метода определения и не превышают фон, а некоторые из них (Cu, Zn и Cr) ощутимо ниже фоновых –  $K_c = 0,2-0,5$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов, В.А. К распространению микроэлементов в природных водах Белорусского Полесья / В.А. Кузнецов, Л.М. Фоменко // Докл. АН БССР. – 1980. – Т. XXIV. – № 3. – С. 260–263.
2. Кудельский, А.В. Подземные воды Беларуси / А.В. Кудельский, В.И. Пашкевич, М.Г. Ясовеев. – Минск: ИГН НАН Беларуси, 1998. – 260 с.
3. Хомич, В.С. Экогеохимия городских ландшафтов Беларуси / В.С. Хомич, С.В. Какарека, Т.И. Кухарчик. – Минск: РУП «Минсктипроект», 2004. – 260 с.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2013 / Под ред. М.А. Ересько. – Минск: Бел НИЦ Экология, 2014.