

заны к пунктам наблюдения УГМС, а во-вторых, не всегда регулярны и относятся лишь к последним 10—15 годам исследований, не характеризуя начальный период антропогенных изменений.

На основании приведенных подходов к оценке отдельных компонентов рабочего уравнения химической денудации (1) рассчитаны: сток ионов, содержание неденудационных ионов HCO_3^- , соединений азота и микроэлементов, а также вынос химических элементов с испарением, поступление с подземными водами, атмосферными осадками и из антропогенных источников. Получены показатели общей химической денудации (в кг/сек) (табл. 3). Для сопоставления величин химической денудации и ее составных частей между собой, а также с результатами предыдущих исследований полученные значения могут быть представлены в виде площадного модуля химической денудации D_s (т/км²/год — сток растворенных веществ с единицы площади в единицу времени). Для расчета D_s , а также модулей слагаемых химической денудации I_s , P_{cs} , $M\Delta_s$, $P_{атм\ s}$, $P_{исп\ s}$, $P_{ант\ р\ s}$, и т. д. используется формула $D_s = (31,5 \cdot 10^3 \cdot R)/F$ [1].

1. Можерин В. И., Шарифуллин А. Н. Химическая денудация гумидных равнин умеренного пояса. Казань, 1988.
2. Алёкин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1970.
3. Алёкин О. А., Семенов А. Д., Скопинцев Б. А. Руководство по химическому анализу вод суши. Л., 1973.
4. Цыцарин Г. В., Шмидеберг Н. А. Гидрохимический практикум. М., 1973. Ч. II.
5. Лучшева А. А. Практическая гидрометрия. Л., 1972.
6. Государственный водный кадастр: Многолетние данные о качестве поверхностных вод суши. Мн., 1989. Ч. 1. Т. 3.
7. Агроклиматический справочник Минской области. М., 1965.
8. Белецкий С. С. Опыт оценки подземного стока в реки БССР. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. Мн., 1974. С. 60.
9. Куделин Б. И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М., 1980.
10. Поляков Б. В. Гидрологические расчеты при проектировании гидротехнических сооружений на реках малых бассейнов. М.; Л., 1948.

УДК 631.41

Н. К. ЧЕРТКО, И. С. МЕЧКОВСКИЙ

ВИСМУТ В ПОЧВАХ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

The present article refers to original method of instant form of bismuth (Bi^{+++}) determination in the soils. Ecologo-geochemical estimation of antropogenios landscapes is made.

Техногенные ландшафты формируются вокруг промышленных предприятий, городов и зон. Они равномерно распределены по территории Беларуси. Техногенез является следствием деятельности человека, поэтому для него, как и для природных ландшафтов, характерны протекающие одновременно положительные и отрицательные процессы. Если в природных ландшафтах противоположно направленные процессы нейтрализуются, то в техногенных ландшафтах деятельность человека направлена на интенсивное развитие положительных процессов. Возможные отрицательные процессы и механизмы их сдерживания или нейтрализации практически не исследовались. Отсюда появление высоких концентраций тяжелых металлов и целой гаммы ксенобиотиков в атмосфере, водах, почвах, породах, формирование техногенных ландшафтов эволюционирующих иногда в сложные по сочетанию загрязнителей биогеохимические эндемии. В результате этих процессов возникает важная экологическая проблема — изучение концентрации отдельных химических элементов и их сочетаний в различных формах, разработка критериев эколого-геохимической оценки создавшейся ситуации в ландшафтах.

Нами была поставлена задача изучить особенности концентрации висмута в почвах техногенного ландшафта вокруг крупного промышленного объекта и дать эколого-геохимическую оценку данному явлению.

Закономерности миграции, концентрации и рассеяния висмута почти не изучены в природных и техногенных ландшафтах. В научной литературе [1—4] имеются отдельные отрывочные сведения, которые нуждаются в уточнении и дополнении.

В природе встречается 70 минералов висмута, но ни один из них не образует рудных концентраций. Поэтому висмут является спутником свинцовых, медных, серебряных, оловянных, вольфрамовых и кобальтовых месторождений с концентрацией в них висмута от 0,0001 до 0,01 % [3]. Кларк висмута в земной коре равен $2 \cdot 10^{-5}$ % (на одну тонну породы приходится 0,2 г висмута) [2]. Основными потребителями висмута являются металлургическая, фармацевтическая, химическая промышленность, ядерная техника, электроника. Мировая потребность в нем составляет 5—6 тыс. т ежегодно.

Висмут наименее токсичный из всех тяжелых металлов. Его применяют для изготовления лекарственных препаратов при желудочно-кишечных заболеваниях, антисептических и заживляющих средств. Однако избыток висмута опасен для живых организмов, так как обладает широким спектром токсического действия с многообразными клиническими проявлениями. Характерные симптомы интоксикации висмутом: набухание слизистой оболочки рта, появление серой каймы на деснах с последующим выпадением зубов, периферический неврит, недостаточность функции почек и другие менее специфические симптомы [4]. В техногенных ландшафтах концентрация висмута может достигать и превышать его содержание в рудах.

Материал и методика

Почвенные образцы из гумусового горизонта на глубине до 10 см были отобраны 12 июля 1994 г. вокруг завода в восьми точках на расстоянии 30—50 м от его территории. Висмут в почвы поступает из атмосферы с твердым конденсатом (пыль, дым) (рис. 1).

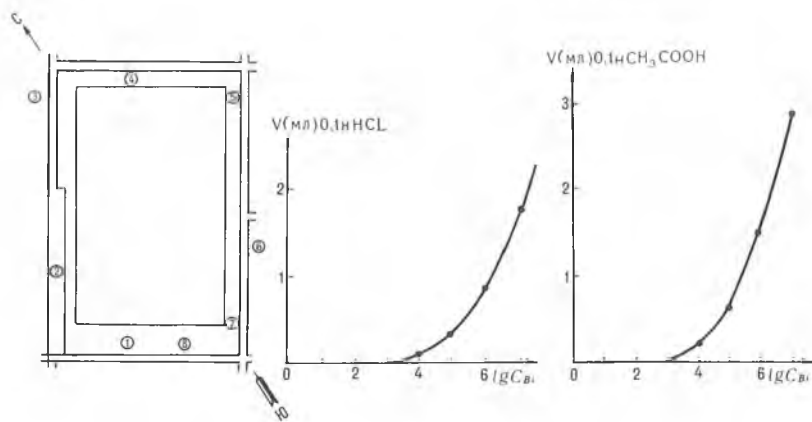


Рис. 1. Схема отбора проб почв вокруг промышленного объекта

Рис. 2. Зависимость аналитического сигнала V от отрицательного логарифма концентрации $C_{\text{Bi(III)}}$, раствора 0,1 н HCl

Рис. 3. Зависимость аналитического сигнала V от отрицательного логарифма концентрации $C_{\text{Bi(III)}}$, раствора 0,1 н CH_3COOH

Почвенные образцы просушивались до воздушно-сухого состояния, просеивались через сито с диаметром ячеек 0,25 мм. Определение подвижных форм висмута (III) как наиболее экологически опасных прово-

дили новым сорбционно-колористическим методом следового анализа, разработанного на кафедре аналитической химии Белгосуниверситета [5]. Метод пригоден для определения висмута без предварительного концентрирования. Рабочая область метода 10^{-3} — 10^{-9} моль/л. В основу метода положена функциональная зависимость между концентрацией элемента в жидкой фазе и ее объемом. Сорбционно-колористический датчик прибора устанавливает сигнал заданной интенсивности. На сорбенте образуется узкая окрашенная зона. Индикация зоны осуществляется визуально или фотометрическим методом. Погрешность определения элемента на уровне предельно допустимой концентрации не превышает 10 %. Время определения 2—10 мин.

На рис. 2, 3 приведены калибровочные графика для ионов висмута (III), полученных на фоне 0,1 н HCl (рис. 2) и 0,1 н CH_3COOH (рис. 3). В качестве исходного стандарта использован 1 н раствор $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, очищенной сорбционным методом в динамических условиях путем фильтрования через колонки соли (d 2 мм, h 10 мм) с сорбентом А-С 2.

Градуировочные графики для определения Bi (III) в почвах построены в полулогарифмической форме, где приведенная величина объема исследуемого раствора, отвечающего появлению сигнала, находится в зависимости от отрицательного логарифма концентрации висмута в растворе. В качестве датчика использована микромасштабная хроматографическая колонка (d 2 мм, h 5 мм) с сорбентом АРА-5п-I, являющимся специфическим по отношению к ионам Bi(III). Другие тяжелые металлы определению не мешают, навеска почвы 5 г.

Для приготовления солянокислой и уксуснокислой вытяжек навески почв помещали в химические стаканы, предварительно обработанные в течение суток 1 н HCl и обмытые очищенной дистиллированной водой. Этим достигалось удаление тяжелых металлов со стенок сосудов. К навескам почвы добавляли по 25 мл 0,1 н CH_3COOH и 0,1 н HCl. Содержимое стаканов перемешивалось в течение 30 мин, раствор фильтровали через беззольный фильтр, затем через колонку (d 5 мм, h 20 мм) с сорбентом полисорб-2 с целью удаления окрашенных органических веществ. Очищенный раствор пропусклся через датчик СКД-АРА-5п-I со скоростью 1 мл/мин до появления окраски на верхнем срезе слоя сорбента. В момент появления окраски поток раствора останавливался краном бюретки, к которой присоединен датчик. По бюретке снимался объем раствора, а по градуировочному графику находили концентрацию Bi(III) в растворе. Для каждого образца почв проводилось пять параллельных измерений. По полученным данным рассчитывали средний результат (М) и стандартное отклонение (δ).

Результаты и их обсуждение

Общее содержание висмута в различных природных объектах колеблется в значительных пределах. Кларк висмута, по А. П. Виноградову, составляет 9 мкг/кг породы, по А. Е. Ферсману — 100, по С. Р. Тейлору — 170 мкг/кг породы. Больше висмута содержится в кислых, осадочных и средних породах, меньше — в ультраосновных и основных породах [2]. Данные по содержанию висмута в воде также противоречивы. По [6], среднее содержание висмута в гидросфере составляет 0,2 мкг/л, по Ливингстону (цит. по [7]), содержание висмута в поверхностных водах 0,1 мкг/л. Сведения по висмуту в живом веществе и почвах отсутствуют [2].

Известно, что растения концентрируют практически все химические элементы, поэтому в гумусе и гумусовом горизонте почв должно быть больше висмута, чем в породе.

Количество растворимой (подвижной) формы висмута в образцах почвы, отобранных в восточном и юго-восточном направлении около промышленного объекта, существенно превышает кларковую величину в

поверхностных водах (см. таблицу). Сравнение с кларком поверхностных вод содержания растворимой формы висмута в почвах рекомендуется для оценки эколого-геохимической ситуации по тяжелым металлам [8]. Допускается также, что у химических элементов, не имеющих ПДК, гигиеническим пределом концентрации является пятикратное превышение над кларком или фоном. В таблице сравнение содержания растворимой формы висмута в почвах проведено с кларком висмута в поверхностных водах (0,2 мкг/л). Пятикратное превышение кларка по висмуту характерно для одного образца (№ 3) вытяжки 0,1 н HCl и в пяти образцах почвы (№ 1, 5, 6, 7, 8) вытяжки 0,1 н CH₃COOH. Это указывает на сильное загрязнение зоны у промышленного объекта в восточном и юго-восточном направлениях.

В целом, содержание растворимой формы висмута в почвах по периметру промышленного объекта колеблется весьма существенно: в вытяжке 0,1 н HCl от 0,11 до 1,44 мкг/кг, в вытяжке 0,1 н CH₃COOH от 0,13 до 32,17 мкг/кг почвы.

Содержание растворимых форм висмута (III)
в почвах техногенного ландшафта (мкг/кг)

№ образца почвы	Экстрагенты				Превышение над кларком (0,2 мкг/кг)	
	0,1 н HCl	δ	0,1 н CH ₃ COOH	δ	Экстрагенты	
					0,1 н HCl	0,1 н CH ₃ COOH
1	—	—	1,26	0,018	—	6,30
2	0,11	0,011	0,13	0,049	0,55	0,65
3	1,44	0,13	0,57	0,17	7,20	2,85
4	0,16	0,014	0,16	0,037	0,80	0,80
5	0,25	0,13	7,13	0,50	1,25	35,65
6	0,15	0,078	6,45	0,52	0,75	32,25
7	0,23	0,0064	10,42	0,57	1,15	52,10
8	0,20	0,09	32,17	0,62	1,00	160,85

Сопоставление содержания висмута в одних и тех же образцах в разных вытяжках показывает более высокий переход в раствор элемента из вытяжки уксусной кислоты по сравнению с соляной кислотой. Исключение составляют величины по второму и третьему образцу (см. таблицу). Особенно заметно это различие в образцах № 5, 6, 7, 8 на тех участках, где загрязнение от промышленного объекта максимальное (в восточном и юго-восточном направлении) и согласуется с розой ветров для Беларуси.

Таким образом, полученные данные по содержанию растворимой формы висмута (III) в почвах техногенного ландшафта представляют практический интерес и могут быть использованы для эколого-геохимической оценки ситуации в конкретных ландшафтах. Для получения более достоверной картины закономерностей распределения висмута в почвах и других компонентах ландшафтов Беларуси исследования необходимо продолжить.

1. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. М., 1966.
2. Краткий справочник по геохимии. М., 1977.
3. Популярная библиотека химических элементов. М., 1977. Кн. 2. С. 278.
4. Москалев Ю. И. Минеральный обмен веществ. М., 1985.
5. Мечковский С. А., Абугоффа А. А., Муравская Н. В. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. 1993. № 3. С. 8.
6. Перельман А. И. Химический состав Земли. М., 1975.
7. Шварцев С. Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. М., 1978.
8. Ильин В. Б. // Агрохимия. 1995. № 1. С. 94.