

Рис. 2. Диаграмма равновесия природных вод нижнего течения р.Томь с кальцитом. Зависимости значений индекса неравновесности от: а) рН; б) общей минерализации; 1 – атмосферные осадки, 2 – речные воды, 3 – подземные воды четвертичного водоносного горизонта, 4 – подземные воды палеогенового водоносного горизонта.

Таким образом, подземные воды по химическому составу в целом удовлетворяют нормам, установленных в Российской Федерации. Однако, без соответствующей водоподготовки при употреблении могут негативно сказываться на организме человека. Это обусловлено, прежде всего, влиянием природных факторов, а именно, поступлением химических элементов из водовмещающих пород эксплуатируемых горизонтов и преобладанием процессов аккумуляции над выведением из раствора. Несмотря на достаточно низкие содержания РЗЭ в подземных водах левого берега р. Томь, приуроченных к отложениям палеогенового возраста, в твердой фазе, образовавшейся в результате обезжелезивания подземных вод, выявлены соединения РЗЭ. Природные воды исследуемой территории, несмотря на их относительно невысокую минерализацию, равновесны с карбонатами (Са).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-55-80015.

Литература

1. Гидрогеология СССР. Т. 16. Западно-Сибирская равнина (Тюменская, Омская, Новосибирская и Томская области) / под ред. В.А. Нуднера. М.: Недра, 1970. 368 с.
2. Пасечник Е. Ю., Гусева Н. В., Савичев О. Г., Лыготин В. А., Балобаненко А. А., Домаренко В. А., Владимирова О. Н. Микроэлементный состав подземных вод верхней гидрогеодинамической зоны в бассейне Верхней Оби как фактор формирования их эколого-геохимического состояния // Известия Томского политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 4. 54-63. DOI 10.18799/24131830/2020/4/2593.
3. Пасечник Е. Ю., Савичев О. Г., Домаренко В. А., Владимирова О. Н. Редкоземельные элементы в поверхностных и подземных водах верхней гидрогеодинамической зоны в бассейне Верхней и Средней Оби (Западная Сибирь) // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 113-127

ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ В ЗОНЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА КОЛЬСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

Воробьева Д.А.

Научный руководитель - доцент Н.В. Гусева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Изучению тяжелых металлов посвящено множество работ. Чаще всего анализируется их валовое содержание в разных природных и техногенных объектах. Оценить опасность загрязнения на основе определения только валового содержания невозможно. Токсическое действие поллютантов зависит от их форм, от степени окисления элемента с переменной валентностью, от характера закрепления металлов минеральными и органическими носителями. В решении геохимических и экологических задач по распределению, миграции, рассеянию и концентрации химических элементов в природных объектах, важная, а часто решающая роль принадлежит знанию форм их нахождения [1].

**СЕКЦИЯ 6. ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ И
ГИДРОГЕОЭКОЛОГИЯ**

Естественное многообразие форм нахождения химических элементов определило появление большого числа аналитических методов их изучения, каждый из которых в зависимости от объектов исследований имеет свои положительные и отрицательные стороны и масштабы [2]. Преимущественно формы тяжелых металлов в почвах анализируют косвенно, с привлечением методов термодинамического расчета. Но в последние годы активно развиваются прямые методы определения форм тяжелых металлов и металлоидов в почвах. Среди них ведущее место занимают методы, основанные на последовательной химической экстракции. Именно с их помощью получена важнейшая информация о формах тяжелых металлах в почвах [1].

Целью работы является исследование особенностей форм нахождения тяжелых металлов в почвах в зоне воздействия выбросов медно-никелевого комбината.

В основу работы положены материалы полевых исследований, проведенных в окрестностях озера Большая Имандра (Кольский полуостров) летом 2016 года. На исследуемой территории расположено одно из крупнейших промышленных предприятий Мурманской области - медно-никелевый комбинат «Североникель» (Кольская горно-металлургическая компания, построен в 1930-е годы), находящийся в Мончегорске. Для исследования были выбраны два почвенных разреза, относящихся к подзолисто-му типу почв (таблица 1) и находящихся в зоне влияния выбросов медно-никелевого комбината.

Таблица 1

Описание пунктов отробования почв

| Привязка | | Горизонт (глубина, см) | Описание | Растительность |
|----------|---|------------------------|---|--------------------------------|
| СП-8 | N67°52'22,8" E32°47'11,59" 7 км от комбината (у родника «Габбрский») | Е (1-8) | цвет серый, сверху углистое вещество, граница с горизонтом В размытая | береза, ива, багульник, |
| | | В (8-24) | цвет бурый | |
| СП-10 | N67°51'14,68" E32°47'54,42" 15 км от комбината | Е (4-10) | цвет светло-серый | ель, береза, черника, вороника |
| | | В1 (10-17) | цвет ярко бурый (рыжий) | |
| | | В2 (17-24) | цвет палево-бурый | |
| | | С (24-48) | цвет палевый, сильная завалуненность | |

Определение фракционного состава соединений тяжелых металлов в почвах проводилось методом последовательных селективных вытяжек по McLaren & Crawford, 1973 [6] с изменениями Ладонина, 2006 [3], с выделением следующих фракций: I - водорастворимая, II - обменная, III - специфически сорбированная, IV - связанная с органическим веществом, V - связанная с (гидро)оксидами Fe и Mn, VI – остаточная. Навески почвы помещают в центрифужные пробирки и приливают экстрагирующий раствора (в соотношении 1:10). Пробирки взбалтывают, затем проводят центрифугирование. Получившийся раствор анализируют, а остаток почвы заливают следующим экстрагирующим раствором. Химический анализ вытяжек проводился в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета масс-спектрометрическим методом с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS).

Для оценки накопления тяжелых металлов в разных типах почв особое значение имеет структура их вертикального профиля, определяющая характер накопления, миграции и перераспределения химических элементов, в том числе загрязняющих веществ, по почвенному профилю. Холодная местность с хорошим промывным режимом способствует формированию на Кольском полуострове подзолистого типа почв с дифференцированным профилем, состоящего из подзолистого горизонта (Е), обедненного химическими элементами относительно других минеральных горизонтов; и иллювиального горизонта (В), где происходит аккумуляция химических элементов.

Формирование в почвенном профиле горизонтов транзита или вымывания и аккумуляции (вымывания) веществ происходит при перераспределении между прочносвязанными, подвижными и растворенными соединениями химических элементов, поступление которых осуществляется за счет миграционных потоков [4].

Для подзолистого горизонта (Е) характерно повышение долей подвижных и органогенных форм соединений металлов. Так доля обменной фракции (II) для Mn составляет 30%, для Co 18% в точке СП-8 и 52% в пункте СП-10, Ni – 40,5 и 58%, Cd – 40,4 и 57% соответственно для рассматриваемых точек. Для ряда тяжелых металлов наблюдается повышение доли фракции, связанной с органическим веществом (IV), и для Cr составляет 24%, Fe – 15%, Zn – 35-40%, Sb – 50-52%, Pb – 23-36%.

Результаты эксперимента показывают, что в иллювиальном горизонте подавляющее количество тяжелых металлов остается связано в остаточной фракции (75-98%). Однако для сурьмы доля фракции, связанной с органическим веществом (IV), составляет от 47 до 79%.

Основная доля молибдена (40-60%) оказывается связана с оксидами и гидроксидами железа и марганца (V).

Как приоритетные компоненты выбросов комбинатов медно-никелевого производства никель и медь признаны основными элементами-загрязнителями в Кольском регионе [5].

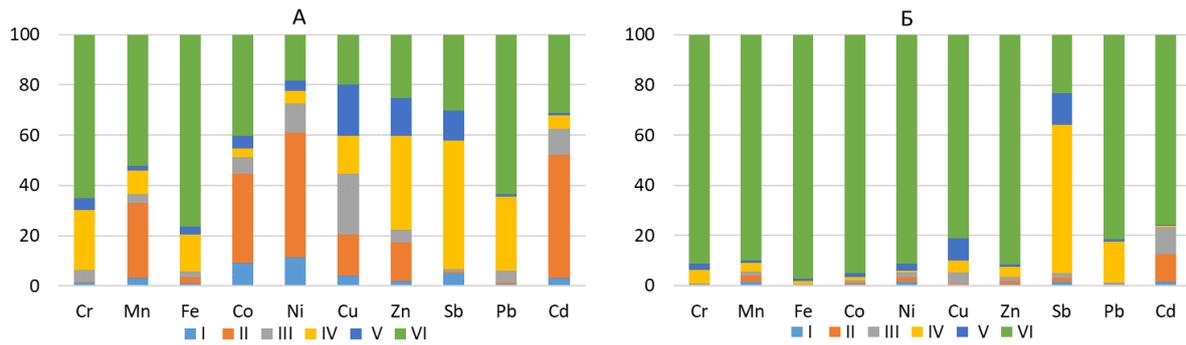


Рис. 1. Распределение фракций тяжелых металлов в подзолистом (А) и иллювиальном (Б) горизонтах почв

Распределение фракций никеля и меди в почвенных горизонтах исследуемого района представлены в таблице 2.

Таблица 2

Распределение фракций никеля и меди в почвах исследуемого района

| Пункт (расстояние до комбината) | Почвенный горизонт | Ni | Cu |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| СП-8 (7 км) | Е | II > VI > I > III > IV > V | III > II > VI > V > IV > I |
| | В | VI >> V > II > III > I > IV | VI >> III > V > IV > II > I |
| СП-10 (15 км) | Е | II > III > VI > I > IV > V | V > III > VI > IV > II > I |
| | В1 | VI >> V > I > III > II > IV | VI >> V > IV > III > I > II |
| | В2 | VI >> V > IV > II > I > III | VI >> V > IV > III > I > II |
| | С | VI >> V > IV > III > II > I | VI >> V > IV > III > I > II |

Для меди в подзолистом горизонте характерно почти равное распределение по пяти фракциям (II-III-IV-V-VI) – от 12 до 26% от суммы всех фракций, а доля водорастворимой формы составляет в среднем 4%. В иллювиальном горизонте основная ее доля связана в остаточной фракции (75-87%). Среди прочих форм в этом горизонте наибольшую долю имеет фракция, связанная с оксидами и гидроксидами железа и марганца (V), – 8-11%. В точке опробования СП-8, расположенной в 7 км от источника выбросов, наблюдается повышение доли специфически сорбированной фракции до 11% по сравнению с пунктом СП-10, где ее доля составляет менее 4%.

Для никеля в подзолистом горизонте (Е) характерно преобладание обменной фракции (40-60% от суммы всех фракций). В иллювиальном горизонте наблюдается некоторое повышение доли фракции, связанной с оксидами и гидроксидами железа и марганца (V) до 5,7% в пункте СП-8, когда как в точке СП-10 эта фракция не превышает и 2% для того же горизонта.

Таким образом в почвах зоны интенсивного воздействия медно-никелевого производства, по сравнению с более удаленными от источника выбросов, увеличивается содержание и доля подвижных форм основных поллютантов региона - Ni и Cu, а также Cr, Co, Cd, Sb, и соответственно, их биодоступность. Такое распределение тяжелых металлов в спектре постадийных вытяжек можно рассматривать как индикатор техногенного загрязнения окружающей среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-35-90077 и Государственного Задания РФ «Наука» (проект FSWW-0022-2020).

Литература

1. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2005. – 109 с.
2. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. – Минск: Наука и техника, 1990. – 65 с.
3. Ладонин Д. В. Методы определения фракционного состава соединений тяжёлых металлов в почвах. В кн. Теория и практика химического анализа почв. Под ред. Л. А. Воробьевой. М., ГЕОС, 2006, с. 293-309.
4. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. Изд. 2-е. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 168 с.
5. Barsova N., Yakimenko O., Tolpeshta I., Motuzova G. Current state and dynamics of heavy metal soil pollution in Russian Federation — A review. Environmental Pollution, 2019, vol. 249, pp. 200–207. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.020>
6. McLaren R. G., Crawford D. W. Studies on soil copper. 1. The fractionation of copper in soils. J. Soil Sci. 1973, v. 24, iss. 2, p. 172-181.