

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА
ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ
ЛИСТЬЕВ БЕРЕЗЫ

Ю.А. Карпенко

Научный руководитель доцент Д.В. Юсупов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Для решения многих прикладных задач в геохимических исследованиях нередко используются радиоактивные (U, Th) и редкоземельные элементы (РЗЭ). Изучение их распределения в природных и техногенных средах дает возможность выявить различные классификационные признаки, установить закономерности, оценить источники поступления вещества и степень его дифференциации. Например, отношения Th к U, РЗЭ в растительных и почвенных объектах могут отражать геохимический состав подстилающих горных пород на условно фоновых территориях, а также позволяют выявить нарушения природного баланса этих элементов в техногенных ландшафтах [5].

Отходы горнорудной промышленности негативно влияют на окружающую среду и человека. Наибольшее влияние оказывают искусственные геологические объекты – хвостохранилища, в которых на дневной поверхности складированы значительные объемы отходов с неизлеченными минеральными компонентами. В результате процессов гипергенеза (разложения, окисления, растворения, гидролиза и др.) первичные рудные минералы преобразуются во вторичные минеральные формы. Содержащиеся в них тяжелые металлы активно мигрируют в окружающую среду, загрязняя ее компоненты: атмосферу, поверхностные и подземные воды, почву, растительность, превышая фоновые и предельно допустимые концентрации [2].

Цель работы заключается в изучении распределения концентраций редкоземельных элементов, урана и тория в листьях березы повислой (*Betula pendula*) на территории Комсомольского хвостохранилища.

Территорией исследования являлось хвостохранилище бывшего Комсомольского золотоизвлекательного завода в пос. Комсомольск Кемеровской области. На заводе перерабатывались методом цианирования золото-арсенопирит-кварцевые руды, а также золотосодержащие отходы Кадамжайского сурьмяного комбината (Кыргызстан) и Берикюльской золотоизвлекательной фабрики [1]. Хвостохранилище расположено в естественной котловине в 250-500 м от жилой зоны поселка. Оно занимает площадь 146 тыс. м² и объем около 810 тыс. м², содержит примерно 1,1 млн. м³ складированных отходов и является усыхающим техногенным озером. С южной и юго-западной сторон хвостохранилище ограничено насыпной дамбой. Отходы содержат сульфидные минералы: пирит, сфалерит, галенит, пирротин, арсенопирит и др. [1].

Объектом биогеохимических исследований служили листья березы повислой. Это распространенный вид и древесный эдификатор в Сибирском регионе. Являясь мезофитом, береза хорошо переносит засухи, светолюбива, мало требовательна к плодородию почвы, часто произрастает на месте сведенных или сгоревших лесов, широко используется в защитном лесоразведении в условиях повышенной техногенной нагрузки [3].

Опробование листьев березы производили во второй декаде июля 2015 г. по радиальной сети от внешней границы хвостохранилища с шагом 150-200 м по 10 профилям. Листья отбирали методом средней пробы на высоте 1,5-2 м от поверхности земли с примерно одновозрастных деревьев. Всего отобрано 20 проб. Фоновая проба отобрана в пос. Макарацкий на берегу р. Кия в 10 км на юго-запад от хвостохранилища. Для упаковки и хранения проб использовали крафт пакеты «Стерит». Подготовка проб для количественного элементного анализа включала просушивание при температуре окружающей среды, механическое измельчение, взятие навески и разложение в концентрированной азотной кислоте по стандартной методике [3].

Определение валового состава макро- и микроэлементов в образцах сухого вещества листьев березы проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой в аккредитованном химико-аналитическом центре «Плазма» (г. Томск). Для контроля качества анализа использовали стандартный образец состава листа березы (ГСО 8923-2007). Ошибка определения не превысила 10 %.

Содержание РЗЭ, U и Th в листьях березы на территории Комсомольского хвостохранилища приведены на рис. 1. Распределение данных элементов строго подчиняется общим законам геохимии: закону Кларка – Вернадского о всеобщем рассеянии химических элементов и правилу Оддо – Гаркинса о преобладании четных элементов по сравнению с нечетными.

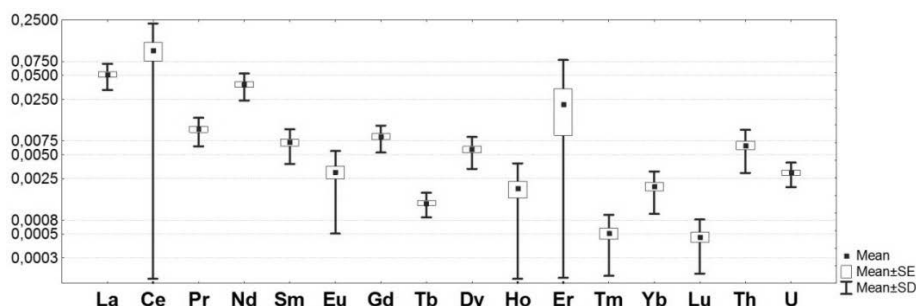


Рис. 1 Интервал разброса и среднее содержание редкоземельных элементов, урана и тория в сухом веществе листьев березы (в мг/кг) на территории Комсомольского хвостохранилища

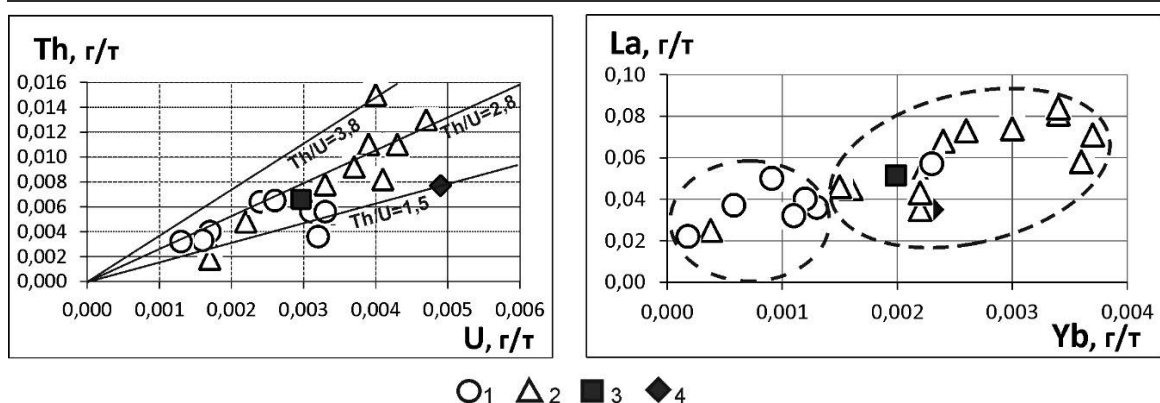


Рис. 2 Отношение содержания Th/U и La/Yb в сухом веществе листьев березы

Условные обозначения: 1 – пробы, отобранные на границе хвостохранилища; 2 – пробы, отобранные на расстоянии 150-200 м от границы хвостохранилища; 3 – среднее содержание; 4 – фоновая проба.

Для рассмотрения геохимических особенностей распределения радиоактивных и редкоземельных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы построены диаграммы индикаторных отношений содержания Th/U и La/Yb (рис. 2).

Установлено, что в пробах листьев березы, отобранных на границе хвостохранилища, Th/U отношение имеет более низкие значения (1,1 – 2,1), чем в пробах, отобранных на расстоянии 150-200 м от внешней границы хвостохранилища (2,3 – 3,7). Th/U отношение для среднего содержания данных элементов в выборке составляет 2,2, а для фоновой пробы – 1,5. Низкие значения Th/U отношения указывают на то, что на территории хвостохранилища нарушен природный баланс радиоактивных элементов в сторону повышенных содержаний урана, обусловленных техногенной трансформацией природной среды. Высокие значения Th/U, вероятно, отражают природный фактор среды – влияние интрузивных гранитоидных комплексов пород, развитых на данной территории, на содержание урана и тория в растительности. Данные величины показателя Th/U сопоставимы со значениями, полученными другими исследователями для почв (4,0), золы травянистой растительности (3,1) и золы листьев березы (2,7) на фоновых территориях юга Западно-Сибирского региона [4,5].

Аналогичная закономерность наблюдается и при рассмотрении распределения La и Yb в пробах листьев березы (рис. 2). Выделяются две группы проб по уровню содержания легких и тяжелых лантаноидов. Первая группа проб, которая отобрана на границе хвостохранилища, по сравнению со второй группой проб, отобранной на удалении от хвостохранилища, характеризуется более низкими содержаниями лантана и иттербия, но относительно более высокими значениями La/Yb отношения.

Изложенный выше материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Общий характер распределения редкоземельных и радиоактивных элементов на территории Комсомольского хвостохранилища по данным опробования листьев березы подчиняется универсальным геохимическим законам.

2. Установлена закономерность в распределении урана и тория, а также лантаноидов в пробах листьев березы в зависимости от расстояния от техногенного объекта. На границе хвостохранилища отмечены низкие содержания РЗЭ и низкие значения Th/U отношения. По мере удаления от границы хвостохранилища содержания лантана и иттербия и значения Th/U отношения в пробах растительности возрастают.

3. Результаты исследования подтверждают известный вывод о том, что величины отношений Th/U и РЗЭ являются индикаторами степени техногенной трансформации окружающей среды в пределах техногенных ландшафтов.

Работа выполнена при финансовой поддержке: РНФ №15-17-1001

Литература

1. Бортникова С.Б. Геохимия техногенных систем / С.Б. Бортникова, О.Л. Гаськова, Е.П. Бессонова; ИГМ СО РАН. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2006. – 169 с.
2. Тарасенко И.А. Экологические последствия минералого-геохимических преобразований хвостов обогащения Sn-Ag-Pb-Zn руд. (Приморье, Дальнегорский район) / И.А. Тарасенко, А.В. Зиньков. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 194 с.
3. Карпенко Ю.А., Юсупов Д.В. Биоиндикация тяжелых металлов и мышьяка в районе хвостохранилища отходов горнорудного производства // Творчество юных – шаг в успешное будущее: Материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина. – Томск: Дельтаплан, 2015. – С. 242 – 243.
4. Павлова К.С. Элементный состав золы листьев березы как индикатор состояния рекреационных территорий республики Алтай // Международная молодежная Школа-семинар «Геохимия живого вещества». Посвящено 150-летию со дня рождения В.И. Вернадского (1863–2013 гг.). – Томск, 2013. – С. 165 – 168.
5. Рихванов Л.П., Арбузов С.И., Барановская Н.В. и др. Радиоактивные элементы в окружающей среде // Известия Томского политехнического университета, 2007. – Т. 311. – №1. – С. 128 – 136.