

**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 Бериккульской 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. Макаракский 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.

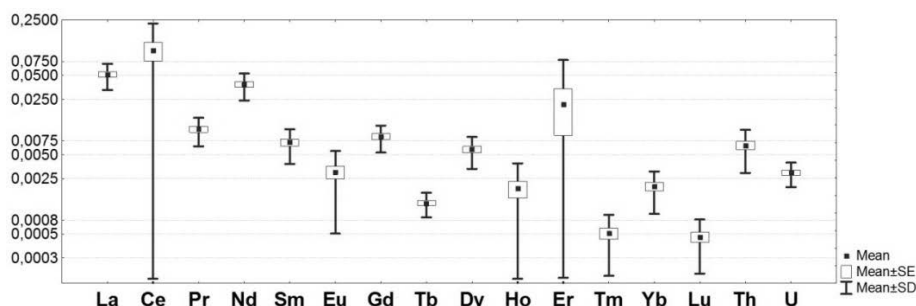


Рис. 1 Интервал разброса и среднее содержание редкоземельных элементов, урана и тория в сухом веществе листьев березы (в мг/кг) на территории Комсомольского хвостохранилища

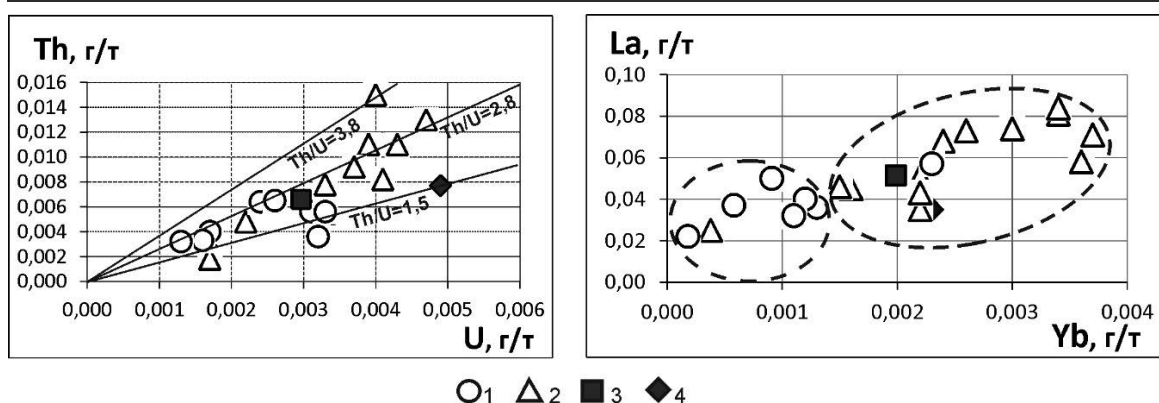


Рис. 2 Отношение содержания Th/U и La/Yb в сухом веществе листьев березы

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.