

2. Воронина Л.П. Экология и природопользование [Электронный ресурс]: учеб. пособие / сост. Л. П. Воронина, В. А. Терехова, Е. В. Морачевская. – Москва: Изд-во МГУ, 2020.
3. Тишин А.С. Методы и способы фитотестирования почв: обзор [Текст] / Тишин А.С., Тишина Ю.Р. // Международный научно-исследовательский журнал – 2021. – № 11-2 (113). – С.93–98.
4. Шахова Т.С. Влияние нефтеперерабатывающих заводов на экологическую обстановку прилегающих территорий по данным изучения снегового покрова (на примере гг. Омск, Ачинск, Павлодар) [Текст]: дис. ... к.г.-м.н. / Шахова Татьяна Сергеевна. – Томск, 2018. – 162 с.
5. ГОСТ Р ИСО 18763-2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/120016692>
6. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200077669>

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ УРАНА В ГОДОВЫЕ КОЛЬЦА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ Крачнакова М.Г.

Научные руководители профессор Н.В. Барановская., старший научный сотрудник Е.Е. Ляпина  
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В настоящий момент благодаря совершенствованию лабораторно-аналитической базы стало возможным датировать процессы и события и реконструировать параметры внешней среды с помощью годовых колец деревьев. Наиболее важное значение приобретает индикация антропогенных воздействий, которые вызывают изменения состояния окружающей среды [4].

Для оценки динамики накопления радионуклидов в окружающей среде необходимо иметь достоверные данные об их поступлении не только в настоящем, но и в прошлом [1]. Нами были изучены особенности концентрирования урана в кольцах деревьев на территории Республики Алтай, как одного из элементов, изменения содержания которого может свидетельствовать об особенностях влияния техногенеза на окружающую среду данной территории.

Уран (U) – это встречающийся в природе радиоактивный элемент с атомным номером 92, относится к числу довольно распространенных в земной коре элементов. Как и любой другой элемент, уран имеет несколько разновидностей – изотопов. Одними из самых известных изотопов урана являются  $U^{234}$ ,  $U^{235}$  и  $U^{238}$ . Более 99 % из всех трёх изотопов U, естественным образом присутствующих на нашей планете, приходится на  $U^{238}$ . Уран широко используется в ядерной энергетике в виде топлива для ядерного реактора или в ядерном оружии [3, 8].

Территория Республики Алтай (РА) является свободной от влияния локальных источников техногенного радиоактивного загрязнения окружающей среды. Однако, учеными были зафиксированы трансграничные ореолы переноса загрязняющих компонентов с территории Республики Казахстан, а именно с Семипалатинского испытательного полигона (СИП) [5, 6]. Ранее проведенными исследованиями установлено, что в период наземных и воздушных испытаний ядерных устройств на СИП через территорию РА прошли радиоактивные следы 22-40 взрывов [5].

Так как сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) широко распространена на территории России, древесина именно данного вида деревьев была выбрана для изучения. Отбор проб проводился на территории Республики Алтай в августе 2021 г. Были отобраны керны в трёх точках: в районе Телецкого озера (далее оз. Телецкое); в долине р. Чулышман в районе населенного пункта Язула (далее р. Чулышман) и в районе р. Большая Сумульта (р. Сумульта).

На участке выбирались прямостоящие, неповрежденные деревья. Керны отбирались с использованием возрастного бурава Naglof согласно методике [2]. После пробоотбора керны образцы высушивались при комнатной температуре, выполнялась маркировка и датировка колец. Для проведения анализа керн разделялся по периодам: 1936-1944, 1945-1962, 1963-1979, 1980-2011, 2012-2021 гг. Данные промежутки времени были выбраны как условные этапы изменения биосферы под влиянием техногенеза (доядерный, ядерный, постядерный и современный периоды (с 1980 г. по настоящее время, соответственно). Аналитические измерения содержания U были проведены методом ИСП-МС в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии ТПУ (зав. лабораторией – к.г.-м.н. Хвощевская А.А., аналитик Куровская В.В.) по аттестованным методикам. Всего было проанализировано 15 проб.

Средние значения содержания U для керны «оз. Телецкое» и «р. Чулышман» составляют, соответственно, 0,0013 мг/кг и 0,0008 мг/кг по всему временному периоду. Поскольку у керны «р. Сумульта» имеется небольшой временной ряд, была проведена оценка среднего значения U за последние два периода, которое составляет 0,0038 мг/кг, также для «оз. Телецкого» и «р. Чулышман» – 0,0016 мг/кг. Для иллюстрации полученных значений была построена диаграмма, демонстрирующая периоды накопления U деревьями в трёх точках исследования (рис.).

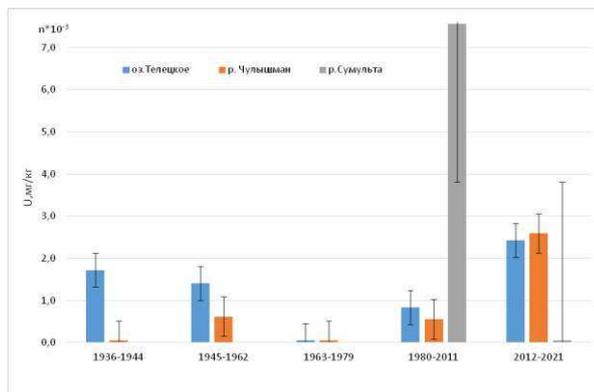


Рис. Диаграмма содержания U по периодам и точкам исследования

Характер накопления U отличается в зависимости от точки опробования. Так, в керне дерева в точке «оз. Телецкое» наблюдается явное разделение концентрации U по доядерному и ядерному периодам, содержание уменьшается до минимального за весь временной ряд (85 лет) и наибольшие значения соответствуют окончанию современного периода. В точке «р. Чулышман» в доядерный и постядерный периоды также наблюдаются минимальные концентрации. В ядерный период содержание U ниже, чем в точке «оз. Телецкое», однако в современные периоды содержание также увеличивается с наибольшими значениями в 2012-2021 гг. В точке «р. Сумульта» отмечается наибольшее значение за всю выборку в 1980-2011 гг. и резкое уменьшение к окончанию современного периода. Для южной части Горного Алтая в период 1970-1980-х гг. характерно увеличение содержания радиоактивных элементов в биологических депонирующих объектах (древесины лиственницы) вследствие проведения взрывных ядерных испытаний на полигоне Лобнор (КНР) [7].

В результате проведенного корреляционного анализа выявлена тесная взаимосвязь между всеми точками. Наиболее сильные связи характерны для точек «оз. Телецкое» и «р. Чулышман», так как на протяжении всего временного ряда наблюдается схожая динамика накопления U. Корреляция положительная:  $r = 0,72$  при  $P = 0,05$ . При этом накопление U древесиной сосны в точке «р. Сумульта» обратно пропорционально ( $r = 1$  при  $P = 0,05$ ) по сравнению с остальными точками.

Для сравнения полученных результатов рассмотрим ранее проведенные исследования на территории РА. Средние содержания U в керне лиственницы в Западном Алтае равны 0,001 мг/кг (1936-1944, 1945-1962 гг.), 0,0011 мг/кг (1963-1979), 0,0007 мг/кг (1980-2011) [6]. Исследованные нами пробы имеют близкие по значению содержания U, однако динамика накопления элемента отличается.

Западная часть Горного Алтая на протяжении длительного времени подвергается загрязнению вследствие трансграничного переноса техногенных радионуклидов и тяжелых металлов, главным образом, с территории Восточного Казахстана, а также Китайской народной республики (КНР) в период массовых ядерных взрывов на полигоне оз. Лобнор. Таким образом, проведенные исследования подтверждают эффективность использования метода дендрогеохимии в изучении динамики биосферных изменений территорий, подверженных техногенному воздействию.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РНФ № 20-67-47005 и № 20-67-47021. Автор выражает искреннюю благодарность директору и сотрудникам Алтайского государственного биосферного заповедника за помощь в организации экспедиции по отбору проб.

#### Литература

1. Замятина, Ю. Л. Изучение истории поступления радионуклидов в окружающую среду на основе F-радиографического анализа годовых колец деревьев (на примере Красноярского края и Центральной Европы) [Текст]: дис. ... к. г – м.н / Замятина Юлия Леонидовна. – Томск, 2008. – 166 с
2. Матвеев С.М. Дендрохронология [Текст]: учеб. пособие / Воронежская гос. лесотехническая академия (ВГЛТА); сост. С. М. Матвеев, Д. Е. Румянцев. – Воронеж: 2013. – 139 с.
3. Международное агентство по атомной энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/chto-predstavlyaet-soboy-uran>.
4. Мельникович, Е. А. Применение методов дендрохроноиндикации для изучения состояния окружающей среды [Текст] / Е.А. Мельникович // Проблемы геологии и освоения недр: труды XX Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета. – Томск, 2016. – С. 183-184.
5. Рихванов, Л.П. Дендрорадиография как метод ретроспективной оценки радиоэкологической ситуации. [Текст] монография/ Л. П. Рихванов, Т. А. Архангельская, Ю. Л. Замятина // – Томск: Дельтаплан, 2015. – 148 с.
6. Робертус, Ю. В. Дендрогеохимическая индикация трансграничных переносов экотоксикантов на территорию Алтая [Текст] / Ю. В. Робертус, Л. П. Рихванов, Р. В. Любимов // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 173-177.

7. Робертус, Ю. В. Некоторые особенности радиоактивного загрязнения территории Горного Алтая [Текст] / Ю. В. Робертус, Л. П. Рихванов // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы II Международной конференции. – 2004. – С. 769-771.
8. Ian Hore-Lacy. Uranium for Nuclear Power: Resources, Mining and Transformation to Fuel [Text] / Ian Hore-Lacy. – Woodhead Publishing, 2016. – 488 p.

## СОСТАВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ДРУГИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ГОРОДА ТЮМЕНИ, ФОРМИРУЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС НАСЕЛЕНИЯ

Крстьянникова Е.В.<sup>1,2</sup>

Научный руководитель доцент Н.В.Барановская<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Человеческие волосы являются надежным и удобным биологическим индикатором загрязнения окружающей среды. Анализ волос человека используется для изучения воздействия окружающей среды и на производстве, а также для оценки состояния питания и организма в отношении нескольких металлов – незаменимых (Ca, Cr, Cu, K, Mg, Mn, Na и Zn) и токсичных (Ag, Al, Cd, Ni и Pb). Элементный состав волос (в отличие от крови или мочи) отражает длительное воздействие этих металлов, поскольку волосы являются индикатором прошлых изменений в метаболизме и воздействия окружающей среды. Использование этого индикатора позволило ввести такой метод оценки воздействия химических веществ на человека путем измерения их биомаркеров (исходного соединения или его метаболитов) в биологических матрицах (моча, кровь, пот, волосы, амниотическая жидкость, ткань плаценты и т.д.), как биомониторинг человека [1].

**Материалы и методы.** При отборе проб волос использовалась стандартная методика, рекомендованная МАГАТЭ (1980). При отборе фиксировался возраст, пол, полное имя, адрес проживания и место рождения, а также наличие патологий и хронических заболеваний. Пробоподготовка проводилась на кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета. Определено 28 химических элементов высокочувствительным инструментальным методом – нейтроноактивационным анализом с помощью Исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета.

**Результаты и обсуждения.** По результатам проведенного факторного (рис.1) и кластерного (рис.2) анализа определилось несколько групп совместного переноса элементов. Область 1: Группа Sc-Cr-Fe демонстрирует совместный перенос данных элементов, источником которого может служить в первую очередь пыление почв. Область 2: в свою очередь кластерный анализ продемонстрировал проявляющуюся связь между группой 1 и редкоземельных элементов Yb и Th. Область 3: группа биогенных элементов в волосах Rb-Na имеет совместное распространение в организме вместе с амфотерными металлами Co и Sb, особенно подтвержденную корреляцию имеет Sb и Rb согласно кластерному анализу.

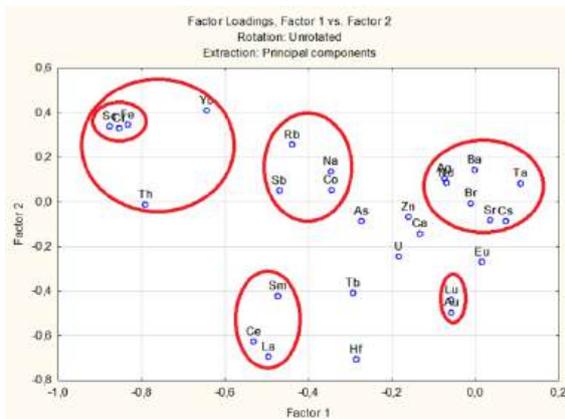


Рис. 1. Факторный анализ распределения накопленных элементов

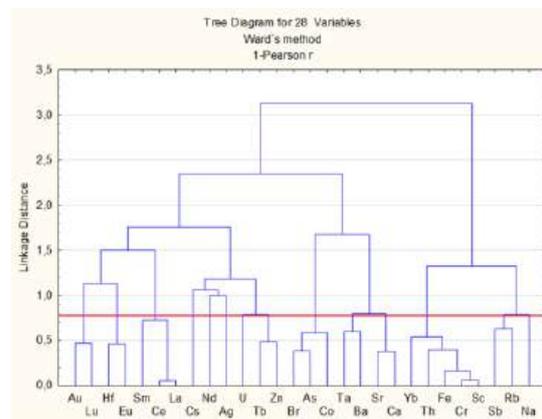


Рис. 2. Кластерный анализ совместного накопления элементов

Закономерности проявленные в областях 2 и 3 описываются предыдущими исследованиями почв Тюмени, проведенные Боевым [2], в работах которых геохимический ряд урбанизированных почв состоит из следующих элементов Cr>Th>Fe>Co>V>Na>Sc. Область 4: отдельные представители группы редкоземельных элементов Ce-La-Sm показывают связанное накопление и согласно коэффициенту соотношения  $La/Ce_{мед} = 0,58$  ( $La/Ce_{ср} = 0,30$ ) < 1 [3] носят природный характер.

Для волос характерен, комбинированный путь поступления элементов, но в большей степени волосы отражают пылеаэрозольное поступление. И так как область 4 при факторном анализе отделена от области 5 Ca-Zn-Ag-Nd-Ba-Br-Sr-Cs-Ta, которая связана с водным поступлением в организм щелочных и щелочноземельных металлов, с другой стороны присутствие макроэлемента Zn является типичным для этих ассоциаций. Попадание брома по дендроанализу в зависимость с мышьяком и кобальтом является отличительным признаком биосубстратов