

Ученые НГУ впервые применили метод ускорительной масс-спектрометрии для экомониторинга

Они исследовали влияние ядерных электростанций на концентрацию радиоуглерода в атмосферном воздухе. Измерения содержания C14 в годичных кольцах сосны обыкновенной проводились на уникальном оборудовании ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ».

Новосибирск, 04 апреля 2024 года: Научные сотрудники ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ» [Физического факультета НГУ](#) совместно со своими коллегами из Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина и Института промышленной экологии Уральского отделения РАН изучают уровень содержания C14 в годичных кольцах деревьев в районе расположения объектов использования атомной энергии. Уральские ученые занимаются отбором проб на прилегающих к атомным электростанциям территориях, а исследователи из НГУ готовят пробы и проводят радиоуглеродный анализ предоставленных образцов на ускорительном масс-спектрометре.

Научное сотрудничество началось в 2020 году, когда аспирантом Уральского федерального университета **Евгением Назаровым** в ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ» были направлены образцы растений, отобранных в окрестностях Белорусской атомной станции в предэксплуатационный период. Необходимость в этих исследованиях возникла для определения фоновых показателей содержания C14 в объектах окружающей среды на данной территории.

C14 – один из природных радиоактивных изотопов. Образуется в верхних слоях тропосферы и стратосфере в результате поглощения атомами азота-14 тепловых нейтронов, которые в свою очередь являются результатом взаимодействия космических лучей и вещества атмосферы. В XX веке основным антропогенным источником ¹⁴C были испытания ядерного оружия в период с 1945 по 1980 гг. В настоящее время основными антропогенными источниками данного радионуклида являются ядерные реакторы и заводы по переработке облученного топлива.

Продолжением совместной работы новосибирских и уральских ученых стало исследование содержания C14 в годичных кольцах сосен, произрастающих в районе Белоярской АЭС и Института реакторных материалов (г. Заречный, Свердловская область), расположенных на одной промышленной площадке.

— Место отбора проб, расположенное в 1200 метрах в восточном направлении от Института реакторных материалов, было выбрано нами на основании многолетних наблюдений метеорологических параметров: направления и силы ветра, облачности, выпадения осадков, атмосферного давления и т.д. На основании этих данных определили, где именно теоретически могло произойти наибольшее накопление радиоуглерода в объектах окружающей среды. Далее, рассчитав критический участок местности, на котором реализуется максимальное радиационное воздействие от выбросов ядерных реакторов, мы выбрали порядка 10 сосен в возрасте от 40 до 70 лет и отобрали пробы их древесины в виде кернов диаметром 5 мм с помощью бурава Пресслера на высоте примерно 130 см от поверхности почвы. Эти работы производились нами совместно с научными сотрудниками Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН. Полученные керны разделили на годичные кольца. Кольца одного возраста от десяти деревьев были объединены в одну пробу, соответствующую определенному году. Для анализа мы выбрали 15 различных проб, — рассказал младший научный сотрудник радиационной лаборатории

Института промышленной экологии Уральского отделения РАН, кандидат технических наук Евгений Назаров.

Новосибирским ученым предстояло определить в этих образцах уровень содержания С14 и сравнить их с фоновыми значениями, в качестве которых использовались данные об активности этого радионуклида в годичных кольцах 113-летней сосны из Пироговского леса, расположенного вблизи НГУ в Академгородке г. Новосибирска. Данный выбор был обусловлен несколькими факторами. Во-первых, оба города – Заречный и Новосибирск, — расположены примерно на одной географической широте, а, во-вторых, Новосибирск находится на значительном расстоянии от ныне действующих и когда-либо действовавших объектов использования атомной энергии, значит, не был подвержен воздействию антропогенных источников радиоуглерода, за исключением испытаний ядерного оружия. Показатели С14 в годичных кольцах этой сосны соответствовали средним фоновым данным по северному полушарию.

— *Из образцов годичных колец сосен, направленных на исследование нашими уральскими коллегами, мы химическими способами выделили целлюлозу, которую подвергли процессу графитизации. Полученные графитосодержащие мишени поместили в ускорительный масс-спектрометр и провели измерения концентрации С14. Нами был выполнен анализ содержания этого радионуклида в 30 счетных образцах (по два образца на один год), и во всех случаях мы зафиксировали превышение уровня над фоновым в полтора-два раза. И заметили, что, начиная с 2000-х годов концентрация С14 в годичных кольцах стала снижаться и почти не превышала фоновый уровень. Мы связываем данный факт с совершенствованием оборудования и установкой реакторов дожига на атомных электростанциях, —* объяснила директор ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ» **Екатерина Пархомчук**.

Аналогичное исследование было проведено на образцах, взятых в окрестностях Курской атомной электростанции (г. Курчатова, Курская область), в результате чего были получены аналогичные результаты.

— *Получая информацию о содержании С14 в каждом годичном кольце, мы с учетом поправки на его фоновое содержание вычислили разницу между техногенной и фоновой составляющей. На наш взгляд, она обусловлена работой атомной станции или объекта использования атомной энергии. Используя эти данные, мы смогли рассчитать примерное количество С14, которое поступало в окружающую среду ежегодно за время их эксплуатации, а также оценить годовые эффективные дозы на население, начиная с 70-80-х годов прошлого века. Эти расчеты показывают, что влияние С14 незначительно. Тем не менее, полученные данные позволяют оценить это воздействие от выброса радионуклида вследствие прошедшей эксплуатации предприятий атомной отрасли. Особенно это актуально для объектов, которые были выведены из эксплуатации до ввода обязательного мониторинга С14 в выбросах АЭС России менее 10 лет назад. Благодаря этой информации мы можем оценить количество С14, которое поступило в окружающую среду в результате эксплуатации того или иного энергоблока и в целом предприятия на всем его жизненном цикле. Метод УМС позволяет выполнить подобные исследования и мы впервые в нашей стране получили такие уникальные данные, —* сказал Евгений Назаров.

По результатам данных исследований учеными опубликован ряд статей в нескольких научных изданиях. Совместная работа новосибирских и уральских ученых продолжается. Радиационной лабораторией Института промышленной экологии Уральского отделения РАН в ЦКП «Ускорительная масс-спектрометрия НГУ-ННЦ» направлены образцы годичных колец, отобранных с территорий, прилегающих к Билибинской атомной электростанции (г. Билибино, Чукотский автономный округ). Ученые намерены дать ретроспективную оценку выбросов С14 данной электростанцией.

— Эксплуатация любой атомной станции приводит к поступлению радионуклидов в окружающую среду. Полностью избежать этого невозможно, однако с помощью различных фильтров и систем очистки удастся минимизировать выбросы радионуклидов. Важно уточнить, что пробы были взяты в критических точках, где население постоянно не проживает. Кроме того, С-14 является вторым по значимости (после калия-40) источником неустранимой собственной радиоактивности человеческого организма. Известно, что общая внутренняя радиоактивность в теле человека в 5 раз больше радиоактивности от содержащегося в нем радиоуглерода, а внешняя радиоактивность еще в несколько раз выше, поэтому двукратное превышение фоновых показателей радиоуглерода в окружающей среде не несет и, как показал опыт прошлого века, не принесло для человека негативных последствий, - пояснила Екатерина Пархомчук.

Описанное исследование, позволяющее ретроспективно провести оценку радиационного воздействия атомных реакторов на объекты биосферы, на территории России проведено впервые и стало возможным только благодаря развитию УМС в Новосибирске. Большой потенциал метода УМС кроется в возможности анализа целого ряда редких изотопов, не только радиоуглерода, но и Be-10, Al-26, I-129 и других, который невозможен никакими другими методами и дающий уникальную информацию. Остается надеяться на то, что российские комплексы ускорительной масс-спектрометрии продолжают свое развитие и будут востребованы для широкого круга фундаментальных и прикладных задач.