

«дократатауским» периодом. Кроме взрыва Кракатау в 1883 г., в этот период угнетения древостоя характер катастроф имели извержения вулканов Кобандай (1888 г.), Бандансан (1888 г.), Майон (1897 г.), Санта-Мария, Суффриер (1902 г.), Мон-Пеле (1902 г.), Катмай (1912 г.), Лассен-Пик (1915 г.), и др.

Атмосфера к 1930-м годам существенно очистилась от аэрозоля вулканического происхождения, и яркость солнечного диска до 1950-х гг. была максимальной за последнее столетие (Логинов, 1984). Устойчивое повышенное значение прямой солнечной радиации оказало положительное влияние на стволовую продуктивность хвойных насаждений. При этом нельзя исключать суммацию с другим, гелиофизическим фактором – увеличением яркости солнечного диска в квазивековом цикле В.Ф. Логинова. После 1950-х гг. для еловых и сосновых насаждений, занимающих автоморфные почвы на юге и севере Беларуси, наступил период общего снижения текущего радиального прироста до минимальных значений к рубежу наступающего 21-го столетия. Именно этот период характеризуется устойчиво направленным снижением интенсивности прямой солнечной радиации в результате очередного цикла вулканических извержений и техногенного загрязнения.

Наиболее знаменательными событиями в экологии леса во второй половине 20-го столетия были также угнетения ели в первом пятилетии 1950-х, 1963-1968, 1980, 1992-1994 и 2000 гг., приведшие к ее массовому усыханию на лессовидно-суглинистых плакорах после аномально холодных поздней осени и зим с маломощным снежным покровом или без него. Данные погодные аномалии на территории Беларуси наступали после крупнейших вулканических извержений – за последние 50 лет это были извержения Геклы (1947-1948 гг.) и Ламингтона (1951 г.), Агунга (1963 г.), Эль-Чичона (1982 г.) и Пинатуба (1991 г.). Весеннее извержение Сент-Хеленса в 1980 г. вызвало только самый холодный вегетационный период на территории Беларуси

Общая тенденция к падению стволовой продуктивности этих хвойных пород во второй половине 20-го столетия подтверждается также результатами кросскорреляционного анализа связи между параметрами фактического (в мм) радиального прироста и однонаправленного снижения притока (в мДж/м²) прямой солнечной радиации. Полученные коэффициенты корреляции оказались выше значений, необходимых для статистически значимой зависимости. Эта закономерность свойственна ельникам и соснякам только на плакорах.

Таким образом, прослеживается связь в цепи: вулканические извержения – увеличение замутненности атмосферы – уменьшение притока солнечной радиации – аномальные морозы при маломощном снежном покрове или без него – повреждение корневой системы – усыхание ели. В целом, продукционный процесс сосновых и еловых лесов в зональных условиях Беларуси отражает изменения в природной обстановке, вызванные глобальными последствиями вулканических извержений и техногенного загрязнения атмосферы.

А. Л. Козыревская, Е. Качан, А. Каптур, А. Елфимова, А. Хомяк, Е. Баранова

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ РАДИОИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ В ПРИРОДНЫХ СИСТЕМАХ

Неоднократные выбросы большого количества радионуклидов во время аварии на Чернобыльской АЭС, загрязнили огромные территории Украины, России и особенно Беларуси. Основной вклад в загрязнение внесли изотопы стронций-90 и цезий-137. Они обладают длительным периодом полураспада и некоторыми свойствами химических аналогов калия и кальция и накапливаются в различных системах биосферы, а также способны оказывать существенное влияние на метаболизм живых организмов. Мониторинг распределения этих элементов в окружающей среде представляет собой одну из важных экологических проблем современности.

Извлечение их из природной среды (вода, почва, донные отложения и др.) – одна из задач, к которой сегодня привлечено всеобщее внимание [1, с.559-562]. В связи с этим актуальным является изучение процессов накопления и состояния радионуклидов в пищевой биологической цепи почва – растения – животные – человек, а также выяснение характера

их воздействия на жизненно важные структуры и функции – фотосинтетический аппарат, нуклеиновый обмен, геном и др. С целью прогнозирования условий жизнеобеспечения человека в разных по степени загрязненности радионуклидами регионах, нами проведены научные исследования, в том числе и в рамках выполнения дипломных и курсовых работ студентов.

Нами разработан метод микромасштабной фронтальной хроматографии, который в сочетании с традиционными физико-химическими методами (атомно-эмиссионным анализом, радиометрическими измерениями и др.) применим для исследования концентрационной зависимости сорбции-десорбции ионов цезия и стронция минеральными и органическими сорбентами, составляющими почв и искусственными материалами [2, с.361-364]. Методика позволяет оценивать закономерности сорбции в интервале концентраций металла от 10^{-6} до 10^{-14} моль/л.

Представляет интерес относительно высокая сорбционная способность гуминовых кислот и фульвокислот по отношению к ионам цезия [3, с.473-478]. Учитывая их доступность, можно судить о перспективности включения этих веществ в композиционные магнитоизвлекаемые сорбенты в качестве вспомогательных фаз, обеспечивающих интенсификацию переноса цезия из среды к ионообменным центрам селективного искусственного сорбента.

Исследования последних лет показали, что в области малых концентраций металлов имеет место существенное отклонение от закона действующих масс, проявляющееся в непостоянстве коэффициентов распределения между ионообменником и жидкой фазой [4, с.6-17]. При охвате широкого интервала концентраций и высокой точности измерений обнаруживаются эффекты, которые обычно остаются незамеченными, если исследования ведутся в узкой области концентраций с использованием малочувствительной измерительной техники. Наблюдаемое нелинейное изменение коэффициентов распределения в зависимости от концентрации снижает предсказательную способность результатов исследований, если они получены в узком концентрационном интервале без количественной оценки факторов, определяющих уровни нелинейности функциональной связи между коэффициентами распределения и концентрацией целевого элемента в системе. Последнее особенно существенно для оценки сорбционного поведения ионов цезия и стронция в связи с неоднозначностью данных о формах их нахождения в сорбционных системах и широким варьированием концентраций в реальных объектах [4, с.9-14]. Все это указывает на настоятельную необходимость применения наиболее чувствительных методов исследования концентрационной зависимости емкостных и селективных характеристик сорбции Cs^+ и Sr^{2+} в широком интервале концентраций, что позволило бы выработать приемы количественной оценки межфазного распределения этих ионов на конкретных концентрационных уровнях (природа сорбента, pH среды, ионная сила раствора, концентрация конкурирующих ионов и др.). В основу методов экспериментального исследования положена микромасштабная фронтальная хроматография, которая в сочетании с высокочувствительными методами измерения (спектральными, электрохимическими, хроматотитриметрическими) дает наиболее надежную информацию о межфазном распределении компонентов при высоких степенях разбавления.

Изучена сорбция ионов цезия и его ближайшего аналога в ионообменных процессах – калия с исходными концентрациями $10^{-2} - 10^{-7}$ моль/л из слабокислых (pH 5) и слабощелочных (pH 9) растворов на алкилрезорциновом пенопласте (АРП), синтез которого разработан в Белгосуниверситете (НИИ ФХП БГУ) [3, с.475-478]. По форме выходных кривых был сделан ряд заключений: 1) многократное повышение сродства сорбента к ионам цезия в сравнении с ионами калия, усиливающееся с уменьшением концентрации (табл.); 2) сорбционная система характеризуется обострением фронта зоны по мере уменьшения концентрации сорбируемого компонента, что весьма существенно для возможности применения сорбента в целях глубокого извлечения целевого компонента из жидкой фазы.

Отношение коэффициентов межфазного распределения Cs⁺ и K⁺
в зависимости от концентрации в подвижной фазе

C ₀ , моль/л	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹
K(Cs УК(К))	3,4	4,9	9,4	9,9	10,8	11,2

Как показали результаты экспериментов, важнейшей особенностью межфазного распределения ионов цезия и стронция в селективных ионообменных системах является нелинейное возрастание коэффициентов распределения с уменьшением концентрации в жидкой фазе. Сделано заключение о существенном вкладе отрицательных кооперативных эффектов в процесс межфазного распределения изученных ионов при высоких степенях разбавления.

Установленные нами ранее неизвестные закономерности межфазного переноса ионов цезия и стронция могут быть использованы для разработки методов направленного массопереноса радионуклидов при варьировании в широких пределах концентраций целевых ионов, а также природы и концентрации сопутствующих ионов. Перспективно использование сорбентов в качестве барьеров в целях дезактивации почв. При этом особый интерес представляют высокодисперсные сорбционноактивные материалы, иммобилизованные на полимерных носителях.

Изученные нами сорбенты типа АРП могут быть эффективными в связи с их необычно высокими селективными свойствами и сильно выраженным увеличением селективности с уменьшением концентрации целевых компонентов, что следует рассматривать в качестве наиболее важного фактора с точки зрения глубины очистки жидких радиоактивных отходов.

Литература

1. Чиркст Д. Э., Чаплин К. Н., Чаплин А. Г. Рекультивация почв, контаминированных цезием-137 и стронцием-90 в результате аварии на ЧАЭС // Радиохимия, 1996. Т. 38. № 6. С. 558 – 562.
2. Новиков А. П., Павлючая Ф. И. Миграционное поведение радионуклидов в экосистемах // Радиохимия, 1996. Т. 38. № 4. С. 361 – 364.
3. Козыревская А. Л., Божко О. В., Мечковский С. А., Карпукович Н. В., Винарский В. А. Микромасштабная фронтальная хроматография на фитоматериалах, модифицированных высокодисперсными катионообменниками // Сорбционные и хроматографические процессы, 2001. Т. 1. Вып. 3. С. 473 – 478.
4. Мечковский С. А., Козыревская А. Л., Карпукович Н. В., Трифонова А. Н. Аномальные явления в процессах межфазного распределения ионов тяжелых металлов // Сорбционные и хроматографические процессы, 2003. Т. 3. Вып. 3. С. 6 – 17.

М. С. Кукшинов

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ СОЗДАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЧНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ

Качество водных ресурсов и неравномерность их распределения по территории и в течение года – важнейшая проблема для Республики Беларусь. Одним из мероприятий в ее решении является регулирование речного стока путем создания водохранилищ. Удовлетворяя возрастающие потребности в воде хозяйства страны, водохранилища, вместе с тем, являются мощным антропогенным фактором, вызывающим ряд нежелательных изменений в природе и хозяйстве территорий на которых они создаются, вызывая полную или частичную их перестройку. В связи с этим одна из важнейших задач научно-исследовательских организаций является оценка всех возможных последствий связанных с их строительством. Практика создания и эксплуатации водохранилищ показала, что характер и параметры взаимодействия водохранилищ и природы многообразны, и зависят от многих факторов. Наибольшее значение имеет площадь, объем, глубина водохранилищ; его конфигурация, зависящая от топографии и гидрографии района; характер пород, слагающих дно и берега водохранилищ; степень и вид регулирования речного стока, режим эксплуатации, конструктивные особенности водосборных сооружений; возраст водохранилища, положение его в речной системе, ландшафтно-географические особенности территории на которых они создаются. Все эти факторы создают разнообразную картину воздействия водохранилищ на природу нижнего и верхнего бьефа в разных регионах мира. В целом, для крупных водохранилищ проведено достаточно много исследований по данной проблеме, в то время как для малых водохранилищ, к числу которых относится большинство водохранилищ Респуб-