

26–27 квіт. 2019 р., м. Северодонецьк : в 2 ч. Ч. 1. – Северодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. – С. 85–86.

УДК 54.061:54.064

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ Pu-238,239+240 НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ РАДИОХИМИЧЕСКОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

*З. В. СТРЕЛЯЕВА, К. С. ДРОЗД, А. В. БАРДЮКОВА*

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии  
Национальной академии наук Республики Беларусь», г. Гомель  
zoyalozovaya@yandex.by*

**Актуальность.** Получение объективной информации о содержании радионуклидов в объектах окружающей среды во многом зависит от методов и методик, применяемых для их количественной оценки. Наличие разнообразных методик с использованием современных аналитических методов и измерительного оборудования для различных объектов исследования является необходимостью и позволяет в зависимости от поставленных целей и возможностей отдать предпочтение той или иной методике, сопоставить результаты испытаний, полученные с использованием альтернативных методик.

Загрязнение почвы изотопами плутония-238,239+240 с плотностью более 0,37 кБк/м<sup>2</sup> охватывает около 4,0 тыс. км<sup>2</sup>, или почти 2 % площади республики. Эти территории преимущественно находятся в Гомельской области (Брагинский, Наровлянский, Хойникский, Речицкий, Добрушский и Лоевский районы) и Чериковском районе Могилевской области. Загрязнение изотопами плутония с высокой плотностью характерно для 30 км зоны ЧАЭС. Наиболее высокие уровни наблюдаются в Хойникском районе – более 111 кБк/м<sup>2</sup>.

Ежегодно в рамках мониторинговых и научно-исследовательских работ проводятся испытания удельной активности Pu-238,239+240 в объектах окружающей среды, заявленные в области аккредитации лаборатории.

**Цель работы** – разработка нового метода определения удельной активности Pu-238 и Pu-239+240 в почве радиохимическим методом с использованием ионообменного материала и с альфа-спектрометрической идентификацией. Новая методика выполнения измерений позволит установить условия, порядок и последовательность выполнения операций при определении низких уровней активности изотопов плутония (Pu-238 и Pu-239+240) в почвах и растениях с учетом особенностей алгоритма радиохимической подготовки для различного состава почвенной матрицы.

**Основные результаты.** Научная новизна разрабатываемой методики определения удельной активности Pu-238,239+240 состоит в применении на различных стадиях радиохимического разделения и очистки образцов почвенной и растительной матриц для повышения химического выхода трассера ионообменной смолы Anion Exchange Resin и экстракционно-хроматографических смол торговых марок *TRU-resin*, *TEVA-resin* фирмы *Eichrom Technologies*, США.

Практическая значимость работы состоит в том, что разрабатываемая методика после процедуры метрологической экспертизы может быть применена в радиационном контроле и мониторинге, так как в настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют аттестованные методики определения удельной активности ТУЭ с применением высокоселективных ионообменных и экстракционно-хроматографических материалов в сочетании с электроосаждением для объектов окружающей среды с низкой удельной активностью. Научно-методическое сопровождение должно осуществляться с применением последней действующей редакции метода, за исключением случаев, когда его применение является нецелесообразным или невозможным. При необходимости для применения метода должны быть разработаны дополнительные уточнения, чтобы обеспечить его непротиворечивое применение. Новая методика выполнения измерений позволит установить условия, порядок и последовательность выполнения операций при определении низких уровней активности изотопов плутония (Pu-238 и Pu-239+240) в почвах и растениях с учетом особенностей алгоритма радиохимической подготовки.

При определении плутония-238,239+240 в объектах окружающей среды необходимо учитывать многообразие вариантов исследуемых образцов (почва, растения и др.), сложность химического состава, низкую концентрацию радионуклидов в большинстве исследуемых объектов, наличие альфа-излучающих нуклидов других элементов.

Основой для усовершенствования методического обеспечения определения трансурановых элементов в объектах окружающей среды являются разработанные ранее сотрудниками Института радиобиологии и аттестованные Госстандартом Республики Беларусь МВИ. МН 3059-2008 «Методика альфа-спектрометрического определения удельной активности изотопов плутония ( $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) в почвах и растениях с получением счетного образца методом электролитического осаждения» [1]; МВИ. МН 3621-2010 «Методика альфа-спектрометрического определения америция-241 в почвах и растениях с предварительной радиохимической пробоподготовкой и получением счетного образца электроосаждением» [2].

Важным этапом методики определения  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ , влияющим на достоверность полученных результатов, является предварительная подготовка

исследуемых проб, в первую очередь, удаление органических веществ, так как они мешают выполнению радиохимического анализа и снижают полноту выделения данных радионуклидов, а в ряде случаев могут сделать невозможным осуществление дальнейшего анализа. Для объектов окружающей среды с малой концентрацией радионуклидов предварительная подготовка выполняет роль эффективной стадии концентрирования. Для апробации экстракционно-хроматографических смол были выбраны объекты окружающей среды, имеющие специфические особенности при концентрировании, очистке, выделении, – почва, растения. Предварительная подготовка проб (минерализация, озоление, концентрирование и др.) была проведена в три этапа: высушивание, предозоление, озоление для полного разложения органического вещества в соответствии с «Инструктивно-методическими указаниями по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора» 1984 года [4].

Оптимальное время измерения, необходимое для достижения требуемой МДА, по данным предыдущих исследований составляет 4–5 суток. Масса (объем) образца для анализа устанавливается экспериментально для повышения чувствительности альфа-спектрометрического метода с сохранением оптимального химического выхода.

Во многих радиохимических методиках радиохимическое разделение  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  основано на методе ионообменной хроматографии – разделении катионов и анионов в результате ионообменных реакций, характерных для каждого типа ионов. Ионообменными материалами служат высокомолекулярные соединения, молекулы которых содержат ионогенные группы, способные к диссоциации и обмену подвижных ионов на ионы других соединений в растворе.

Тематический обзор методической и научной литературы для выбора наиболее оптимальных методов радиохимической пробоподготовки и условий проведения электролиза показал, что экстракционные методы выделения и разделения  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  наряду с ионообменными широко распространены как в аналитической химии этих элементов, так и в технологии их производства [5]. Используя разнообразные экстракционные системы, можно осуществить практически все стадии выделения  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  из образца.

**Выводы.** Метод экстракционной хроматографии сочетает в себе селективность экстракционного метода (жидкость – жидкостной экстракции) и технику колоночной хроматографии – применение экстракционно-хроматографических смол в специальных колонках [11, 12]. Принципиальная схема экстракционно-хроматографической смолы включает три основных компонента (рисунок 1):

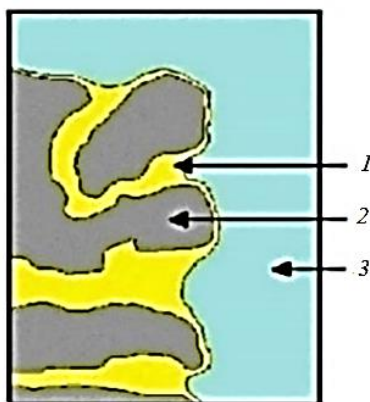


Рисунок 1 – Схема поверхности гранулы экстракционно-хроматографической смолы:  
1 – инертный носитель; 2 – закрепленная фаза; 3 – подвижная фаза

В решении задачи по снижению МДА определения  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  были использованы смолы торговых марок TRU и TEVA, широко применяемые в зарубежной аналитической практике [3]. Для удобства применения смолы упакованы в пластиковые колонки (рисунок 2).

Основными характеристиками экстракционно-хроматографических смол являются химический состав компонентов закрепленной фазы, свободный колоночный объем – объем, занимающий промежуточное, незанятое материалом пространством хроматографической колонки и служащий мерой количества мобильной фазы, прошедшей через колонку относительно ее размеров, рабочая емкость и другие.



TRU-Spec Resin



TEVA-Spec Resin

Рисунок 2 – Внешний вид экстракционно-хроматографических колонок  
(объем смолы 2 мл)

### Список литературы

1 МВИ.МН 3059-2008. Методика альфа-спектрометрического определения удельной активности изотопов плутония (Pu-238, Pu-239,240) в почвах и растениях с получением счетного образца методом электролитического осаждения. – Утв. 16.12.2008 г. / РНИУП «Институт радиологии», Комитет по стандартизации Республики Беларусь. – 2008.

2 МВИ.МН 3621-2010. Методика альфа-спектрометрического определения  $^{241}\text{Am}$  в почвах и растениях с предварительной радиохимической пробоподготовкой и получением счетного образца электроосаждением. – Утв. 25.10.2010 РНИУП «Институт радиологии», РУП Белорусский государственный институт метрологии. – 2010.

3 IAEA-TECDOC-1092/R. Руководство по мониторингу при ядерных или радиационных авариях. – МАГАТЭ, 2002.

4 Инструктивно-методические указания по радиохимическим методам определения радиоактивности в объектах ветнадзора. – М., 1984. – 47 с.

5 Аналитическая химия плутония : монография / М. С. Милокова, Н. И. Гусев, И. Г. Сентюрин, И. С. Складенко. – М. : Наука, 1965. – 458 с.

УДК 504.4

### ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА НА БИОЦЕНОЗ АКТИВНОГО ИЛА

*Л. Н. СТУДЕНИКИНА, А. А. САВИНА, Т. Р. ПОВАЛЯЕВА, А. А. МЕЛЬНИКОВ*

*Воронежский государственный университет инженерных технологий,*

*Российская Федерация*

*lubov-churkina@yandex.ru*

**Актуальность.** Водорастворимая упаковка становится все более популярной не только при получении капсулированных моющих средств, но и в других отраслях, включая пищевую промышленность, здравоохранение, сельское хозяйство и т. д. [1]. Основным полимер для получения водорастворимой упаковки – это поливиниловый спирт (ПВС), который в зависимости от содержания остаточных винилацетатных групп может растворяться в воде при различной температуре [2]. В настоящее время недостаточно изучен вопрос влияния ПВС на биоценоз активного ила очистных сооружений, в которых водорастворимая упаковка обычно заканчивает свой жизненный цикл.

Известно, что ПВС является неионным нейтральным флокулянт и может применяться при очистке сточных вод от взвешенных веществ. Принцип действия неионных флокулянтов, относящихся к нейтральному классу, состоит в