

Матвеева И.В., Мейирман Ф.С., Нурсапина Н.А., Шыныбек Б.А.

**ТАЛАА ШАРТТАРЫНДА СУУДАН УРАН ИЗОТОПТОРДУ
КОНЦЕНТРАЦИЯЛОО ЫКМАЛАРЫ**

Матвеева И.В., Мейирман Ф.С., Нурсапина Н.А., Шыныбек Б.А.

**МЕТОДЫ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ИЗОТОПОВ УРАНА
ИЗ ВОД В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

I.V. Matveeva, F.S. Meyirman, N.A. Nursapina, B.A. Shynybek

**METHODS OF CONCENTRATION OF ISOTOPES OF URANIUM
FROM WATER IN FIELD CONDITIONS**

УДК: 556.314:550.461

Бул макалада тоо суулары жана мөңгүлөрдү изилдөөгө, анын ичинде тармагында, колдонулушу мүмкүн уран изотоптордун топтолуу ар кандай ыкмалары каралган. Талаа орнотуу иштелип чыккан учурунда, эмгектин өзгөчө шарттары жана минималдуу убакыт жана эмгек чыгымдарынан ылайыкташтырылган. Бул ыкма топтолуу жараяны көптөгөн үлгүлөрүн бир эле учурда (тамактын өлчөмү менен гана чектелет, колдо бар), анын натыйжасында бөлүнүп бир нече граммга чейин бир нече литрден үлгүлөрдү көлөмүн кыскартууга мүмкүндүк берет. Мындай эксперименттердин натыйжасында жаатындагы уран топтолуу оптималдуу ыкмасын аныктоо болгон.

Негизги сөздөр: уран изотоптору, Alpha спектрин салыштыруу ыкмалары, химиялык түшүмдүүлүк, табигый суулар.

В данной статье рассмотрены различные методы концентрирования изотопов урана, которые могут быть применены в полевых условиях, в том числе при исследовании горных рек и ледников. В ходе работы были разработаны полевые установки, адаптированные к экстремальным условиям труда и минимальным затратам труда и времени. Данный метод концентрирования позволяет обрабатывать множество проб одновременно (ограничение лишь в количестве посуды, имеющейся в распоряжении), сокращая объем проб с нескольких литров до нескольких грамм получаемого осадка. В результате проведенных опытов была выявлена наиболее оптимальная методика концентрирования урана в полевых условиях.

Ключевые слова: изотопы урана, сравнение методов альфа-спектры, химический выход, природные воды.

In the paper various methods of concentrating of uranium isotopes are considered, which can be applied in the field, including for mountain rivers and glaciers. During the work field installations were developed, adapted to extreme working conditions and minimum labor and time costs. This method of concentration allows the processing of many samples simultaneously (limiting only the amount of utensils available), reducing the sample volume from a few liters to several grams of the resulting sludge. As a result of the experiments, the most optimal technique for concentrating uranium in the field was identified.

Key words: uranium isotopes, comparison of alpha spectra methods, chemical yield, natural waters

Введение. Проблемы регулирования водных ресурсов являются одними из наиболее важных для любой страны [1].

Учитывая обострившиеся в последнее время процессы изменения климата в странах Центральной Азии, становится чрезвычайно важным распределение водных ресурсов в бассейнах трансграничных рек. Зоны формирования многих рек данного региона находятся в ледниковых высокогорных реках, где практически отсутствуют станции гидрометрического контроля. Новые подходы к оценке распределения водных ресурсов становятся актуальными на сегодняшний день. Одним из таких методов является уран-изотопный метод, основанный на природных изотопах урана – уран-238 и уран-234. Данный метод успешно применялся в ряде работ [1-7].

Материалы и методы. В рамках настоящей работы были проведены несколько опытов концентрирования изотопов урана, которые могут быть реализованы в полевых условиях. Наиболее распространенными и известными методами концентрирования и выделения являются методы соосаждения на различных соосаждителях (цеолитах, активных углях, гидроксидов железа и марганца) и разделения на ионообменных смолах [8-10].

Опыт 1

Пробу дистиллированной воды подкислили HNO_3 до $\text{pH}=1$ и добавляли трассер урана-232 с активностью 29 мБк для контроля химического выхода и пропустили через заранее подготовленную смолу АВ-17. Десорбцию проводили 100 мл дистиллированной воды. Полученный раствор в уменьшенном объеме может быть транспортирован в лабораторию, сократив объем в 20 раз.

Опыт 2

Пробу дистиллированной воды подкисляли HCl до $\text{pH}=1$. Добавили трассер урана-232 с активностью 29 мБк и барботировали в течении часа. К раствору добавили 4 мл 0,2М KMnO_4 с последующим барботированием и довели pH до 8-9 раствором аммиака. Далее добавили 4 мл 0,3 М MnCl_2 и барботировали 2,5 часа. Оставили на ночь. Затем проводили вакуумное фильтрование. Полученный осадок может быть доставлен в лабораторию, где далее может быть проведено определение изотопов урана альфа-спектрометрическим методом.

Опыт 3

Пробу дистиллированной воды подкисляли HNO_3 до $\text{pH}=1$, добавляли трассер урана-232 с активностью 29 мБк. Далее барботировали час с последующим отстаиванием раствора. Добавили 4 мл Fe^{3+} и NH_4OH до $\text{pH}=8-9$. Для коагуляции осадка пробу оставили на 2 часа. Полученный осадок отфильтровывали и он может быть доставлен в лабораторию для дальнейшего анализа.

Альфа-спектрометрическое определение урана.

Определение сконцентрированных изотопов урана проводилось альфа-спектрометрическим методом с предварительной радиохимической подготовкой [5]. Очистка изотопов урана осуществлялась экстракцией 30% раствора трибутилфосфата в толуоле. Резкстракция осуществлялась тройной обработкой эквивалентным количеством дистиллированной воды двойной очистки.

Резкстрагированный водный раствор, содержащий изотопы урана, выпаривали досуха, обрабатывали 5 мл концентрированной азотной кислоты для удаления остатков органических веществ, мешающих дальнейшему электролитическому осаждению. Далее проводили растворение сухого остатка в 4 мл 0,5M азотной кислоты, 4 мл 1%-ного раствора Трилона Б, 1 мл 25 %-ного раствора хлорида аммония, 1 мл насыщенного раствора щавелевокислого аммония.

Из полученного раствора проводили электролитическое осаждение на стальной диск. Для хорошего разрешения альфа-пиков необходимо получить тонкий равномерно нанесенный слой. Наиболее оптимальными условиями для анализируемых проб являлся ток силой 1A и длительность от 45 до 50 минут. Далее диск вынимали из ячейки, промывали дистиллированной водой двойной очистки и спиртом, сушили на воздухе. Полученный образец измеряли на альфа-спектрометре высокого разрешения "Alpha-analyst" (Canberra) с программным обеспечением Genie-2000. Расчеты проводились по инструкции, описанной в [11].

Результаты и их обсуждение.

В результате проведенных опытов были получены альфа-спектры, приведенные на рисунках 1-3.

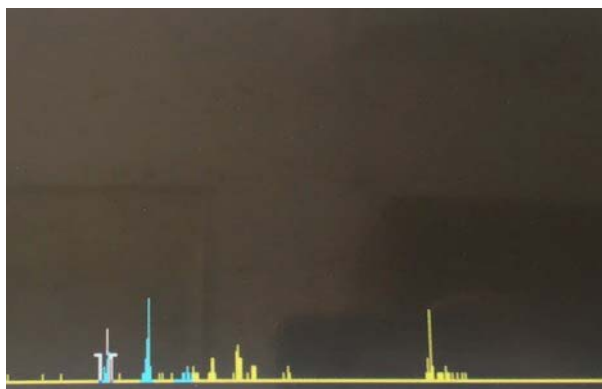


Рис. 1. Альфа-спектр, полученный в опыте 1.

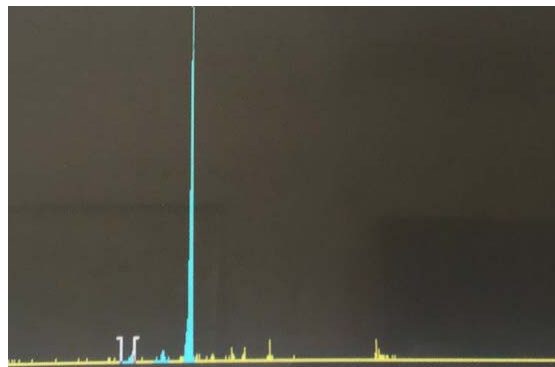


Рис. 2. Альфа-спектр, полученный в опыте 2.

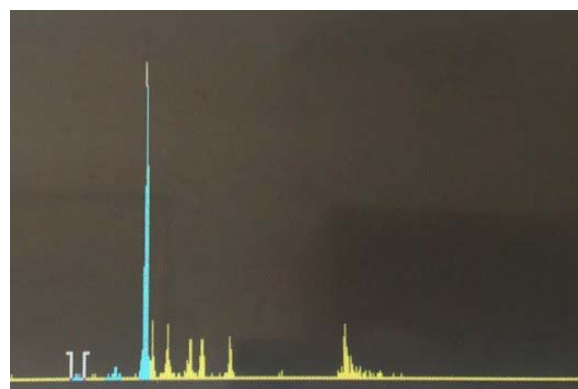


Рис. 3. Альфа-спектр, полученный в опыте 3.

В спектрах, представленных на рисунках 1-3, четко виден пик урана-232, который является трассером в настоящем исследовании. Полученные спектры свидетельствуют о хорошей радиохимической очистке изотопов урана во всех проведенных опытах, но очевидно, что лучший химический выход был получен в опытах 2-4. Расчет химического выхода был проведен на основании расчета площади пика трассера и известном содержании внесенного трассера урана-232 в пробы по формуле:

$$RF(\%) = \frac{N(U-232)}{\tau \cdot 0,3 \cdot A(U-232)} \cdot 100,$$

где RF – химический выход в %;

$N(U-232)$ – количество импульсов в пике трассера;

τ – время измерения, с;

$A(U-232)$ – активность добавленного в пробу трассера, Бк.

Результаты расчета химического выхода представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химические выходы

	Химический выход, %
Опыт 1	1
Опыт 2	66
Опыт 3	66

В ходе опыта 1 был получен химический выход равный всего 1%, таким образом, предложенный метод концентрирования не может быть использован для полевых работ.

Опыты 2-3 показали сходимые химические выходы, таким образом они могут найти свое применение при концентрировании изотопов урана в полевых условиях.

При полевых работах важную роль играет время концентрирования, которое будет затрачено в полевых условиях, в связи с чем было проведена оценка времени по каждому из предлагаемых методов концентрирования. Результаты оценки сведены в таблице 2.

Таблица 2

Время полевых работ	
	Время
Опыт 1	~3,5 часа
Опыт 2	Более суток
Опыт 3	~4 часа

Из данной таблицы видно, что на опыт 2 потребовалось более суток времени, в то время как на опыт 4 около 4 часов. При этом следует отметить достаточно доступные реактивы, необходимые для данного метода и отсутствие сложной аппаратуры и сложных операций. Кроме того, данный метод концентрирования позволяет обрабатывать множество проб одновременно (ограничение лишь в количестве посуды, имеющейся в распоряжении), сокращая объем проб с нескольких литров до нескольких грамм получаемого осадка (рис. 4).



Рис. 4. Осадок урана на гидроксиде железа (опыт 3) для транспортировки в лабораторию.

Не менее важным является тот аспект, что посуда для данного метода может быть изготовлена из пластика, а, следовательно, легко транспортироваться без угрозы быть разбитой.

Заключение. В результате проведенных опытов была выявлена наиболее оптимальная методика концентрирования урана в полевых условиях, которая заключается в осаждении изотопов урана на гидроксиде железа (III), который может быть легко достав-

лен в лабораторию для дальнейшего радионуклидного анализа. Данный метод позволяет сократить объем проб с нескольких литров пробы до нескольких грамм полученного осадка.

Литература:

- Burkitbaev M.M., Uralbekov B.M., Tuzova T.V. Неравновесный урана как естественный индикатор процессов в водно-экологических системах Центральной Азии. -Алматы: Казак университети, 2017. - 160 с. (Монография, ISBN 978-601-04-2923-9).
- Matveeva I.V., Tuzova T.V. Methodical Features of Pretreatment of Water Samples of Mountain Rivers with Ultralow Concentration of Uranium for Alfa-Spectrometric Measurmets / Вестник Таджикского нац. унив., 2017, Issue 1/2, pp.151-158.
- Tuzova T.V., Сатылканов К.А., Шатравин В.И., Matveeva I.V. Радиологическое состояние вод золоторудного комбината Кумтор (Кыргызская Республика) / Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях. / Материалы 7-й Международной научной конференции. - Белгород: Изд. «Политера», 2017. - С. 260-264.
- Tuzova Tamara, Matveeva Ilona, Uralbekov Bolat Uranium isotopes in waters as radioecological indicator of genesis of waters and relative distribution of water resources of mountain rivers in Central Asia // 4-th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity // Session 5. Application of novel methods used for monitoring and radioecological studies, Berlin, 3-8 September, Institut Radioprotection (ISBN 978-29545237-7-4), pp.237-238.
- Matveeva I.V., Tuzova T.V., Nursapina N.A., Meirman F.S., Uralbekov B.M. *In-situ* pre-concentrating of uranium isotopes on coal for alpha-spectrometric measurements (with approbation on water samples of mountain rivers), 4-th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity // Session 5. Application of novel methods used for monitoring and radioecological studies, Berlin, 3-8 September, Institut Radioprotection (ISBN 978-29545237-7-4), PP. 276-277.
- Матвеева И.В. Назаркулова Ш.Н., Тузова Т.В., Уралбеков Б.М., Аманова Г.Т., Мамбеталиев Э.Д. Изотопы урана в водах хвостохранилищ рудника Каджи-Сай. Вестник КазНУ, серия химическая, 2015, №4(80), с. 61-67. <http://bulletin.chemistry.kz/dx/doi.Org/10/15328/cb600>.
- Uralbekov B., Burkitbaev M., Satybaldiev B., Matveeva I., Tuzova T., Snow D. Spatial and temporal variability of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratios in the Shu River, Central Asia // Environmental Earth Sciences, No 4, 2014, pp.148-10.
- Сорбционные методы. – В кн.: Вторая всесоюзная конференция по методам концентрирования в аналитической химии. Тезисы докладов. М., наука, 1977. - С. 7-8, 94-136.
- Смирнов А.Л., Волкович В.А. Переработка облучённого ядерного топлива: конспект лекций. - Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. - 317 с.
- Сальникова Е.В., Мурсалимова М.Л., Стряпков А.В. Методы концентрирования и разделения микроэлементов: учебное пособие. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. - 157 с.
- Инструкция НСАМ № 381–ЯФ «Методика выполнения измерений объемной активности изотопов урана (^{234}U , ^{238}U) в природных водах с минерализацией до 5 г/дм³ альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой», Москва, АСИЦ ФГУП ВИМС, 2003. - 17 с.

Рецензент: к.ф.-м.н. Тузова Т.В.