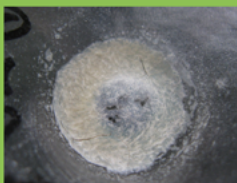




# ЯДЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ Республики Казахстан

выпуск 12



При проведении измерений в генераторной катушке с помощью переменного тока устанавливается переменное магнитное поле. Согласно закону Фарадея, в это время в горной породе возникают электромагнитные вихревые токи, которые фиксируются измерительной катушкой зонда. Величина вихревых токов, возникающих в горной породе, зависит от величины её удельной электропроводности.

Основное преимущество метода ИК состоит в том, что при его выполнении нет необходимости в прямом электрическом контакте между измерительным зондом и горной породой, следовательно, ИК эффективен при выделении зоны закисления.

Индукционный каротаж (ИК) основан на измерении кажущейся удельной электрической проводимости пород в переменном электромагнитном поле в частотном диапазоне от десятков до сотен килогерц.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический кодекс с РК (с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.06.2015 г.).
2. ТОО «Соло ЛТД». Лекции по курсу радиационная защита и безопасность. Алматы.
3. <http://www.iht.kz/sections/method>
4. Отчет по экологическому сопровождению бурения на участках месторождения Ирколь, Алматы, 2012.
5. Инструкция по каротажу методом мгновенных нейтронов деления при подготовке к эксплуатации и эксплуатации пластово-инфильтрационных месторождений урана. Алматы.
6. Геофизические методы исследования скважин. Москва «Недра»

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИЯ

*Нурсапина Н.А., Матвеева И.В., Назаркулова Ш.Н.*  
КНУ им. аль-Фараби, г.Алматы, РК

Тяжелые естественные радионуклиды поступают в биосферу из земной коры в результате протекания комплекса геологических, геохимических, биогеохимических процессов. Основная часть данных радионуклидов поступает в биосферу в результате добычи и переработки урана. Особое место среди природных изотопов занимают изотопы радия. Несмотря на то, что в окружающей среде радий находится в очень малых количествах, он является очень радиотоксичным элементом. К природным изотопам радия относятся  $^{223}\text{Ra}$ ,  $^{224}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{228}\text{Ra}$ , являющиеся продуктами распада природных радиоактивных рядов (таблица 1). Поведение радия в биосистемах схоже с кальцием и стронцием, что позволяет ему накапливаться в биологических системах. В организм человека радий поступает вместе с водой и пищей. Таким образом, определение изотопов радия в объектах окружающей среды является очень важной задачей.

**Таблица 1. Основные характеристики природных изотопов радия [1]**

Массовое число	Период полураспада	Тип распада; энергия частиц и гамма-квантов, кэВ	Ряд распада
223	11,43 дня	$\alpha$ , $E\alpha = 5,75$ (11%); $5,71$ (54%); $3,61$ (26%); $5,54$ (9%)	Ряд тория-232
224	3,64 дня	$\alpha$ , $E\alpha = 5,68$ (94%); $5,45$ (6%); $\gamma$ , $E\gamma = 0,241$ (3,7%); $0,29$ (0,008%); $0,41$ (0,004%); $0,65$ (0,009%)	Ряд тория-232
226	1 600 лет	$\alpha$ , $E\alpha = 4,78$ (95%); $4,60$ (6%)	Ряд урана-238
228	6,7 года	$\beta$ ; $E\beta = 0,05$ (макс.)	Ряд тория-232

Определение радия и его изотопов проводится различными методами. Рассмотрим наиболее важные из них.

**Гамма – спектрометрический анализ.** Наиболее широко используемым методом при определении радия является гамма-спектрометрия на полупроводниковых и сцинтилляционных спектрометрах. Измерение активности радия-226, радия-228, радия-224 производится в специально подготовленном счетном образце по аналитическим линиям дочерних продуктов распада. Гамма – спектрометрия обладает рядом преимуществ и недостатков. К преимуществам данного метода можно отнести следующее [2]:

- низкий предел обнаружения анализируемых радионуклидов;
- однозначность идентификации гамма – квантов;
- отсутствие проведения химического выделения и концентрирования радионуклидов.

Недостатками данного метода являются:

- дорогое обслуживание чувствительных полупроводниковых спектрометров;
- необходимость герметизации проб (рисунок 1):

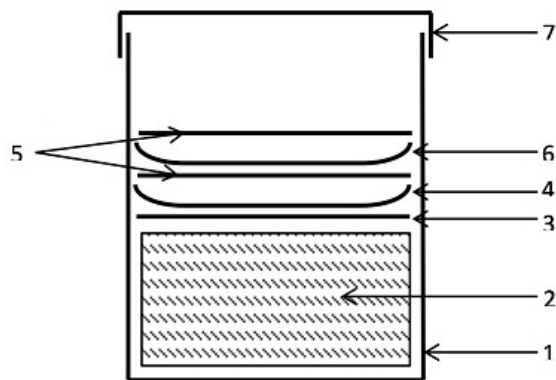


Рисунок 1. Схема герметизации исследуемых образцов для гамма-спектрометрических измерений [2]:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. полиэтиленовый контейнер;         | 5. полиэтиленовая пленка;                          |
| 2. исследуемая проба;                | 6. битум;  |
| 3. полиэтиленовый диск;              | 7. крышка полиэтиленового контейнера с кодом пробы |
| 4. двухкомпонентный эпоксидный клей; |  |

**Альфа-спектрометрическое определение.** В отличие от гамма-спектрометрии, альфа-спектрометрия дает прямое измерение активности изотопов, а не их продуктов распада. Кроме того еще одним преимуществом является то, что фон в области измерений не значителен. Согласно методике небольшое количество бария вводят в предварительно очищенный раствор радия, при этом снижают pH раствора до 4, добавляя серную кислоту. Так как проникающая способность альфа-частиц мала, препараты приготовленные для измерения, должны содержать минимум примесей и нанесены тонким слоем. В дальнейшем полученный осадок Ra/BaSO<sub>4</sub> фильтруют, сушат и проводят измерения с помощью альфа-спектрометра [3]. Недостатком большинства из приведенных методов является необходимость дорогостоящего оборудования, имеющего структуру сложного строения, и особой квалификации персонала, выполняющего данные виды анализов.

**Жидкостно-сцинтилляционный метод** занимает отдельное место при измерении альфа- активности в водных пробах радия-226 [3]. Основой данного метода является то, что некоторые вещества реагируют на прохождение ионизирующих частиц световыми вспышками – сцинтилляциями. Образование световых вспышек происходит вследствие энергетического возбуждения электронных оболочек атомов возмущающими полями проходящих мимо них заряженных частиц. Несмотря на то, что существует разнообразие конструкций, с точки зрения пользователя, все они измеряют активность образцов, помещенных в специальный стеклянный или пластиковый флакон и заполненный жидким сцинтиллятором. Так как измерение активности сводится к подсчету вспышек света, жидкость во флаконе должна быть однородной по составу и прозрачной для счета. Эффективность данного метода в первую очередь снижают все отклонения от этих требований. Также существенное

влияние на эффективность счета оказывают образование двухфазной несмешивающейся жидкой системы и осадка, наличие фильтровальных материалов, а также биологических тканей.

**Эманационный метод** определения радия-226 по его дочернему продукту распада радона-222 является наиболее чувствительным из перечисленных выше методов [4]. При выполнении работы с помощью данной методики необходимо, чтобы радий и радон находились в радиоактивном равновесии, или же их количественное соотношение в образце было точно известно. В этом случае, измеряя активность инертного газа, мы можем рассчитать содержание материнского изотопа в образце. Данный метод используется для анализа образцов с низкой активностью, где гамма-спектрометрия не дает желаемых результатов. Характеристикой данного метода является высокая чувствительность и относительно хорошая надежность благодаря высокой эффективности регистрации. Отсутствие объемных эталонов радиоактивных инертных газов является серьезной проблемой при измерении. Они необходимы для калибровки аппаратуры, но их создание необычайно трудно, это является одной из ключевых проблем эманационного метода определения [5].

**Альфа-, бета- радиометрическое определение.** Методика основана на селективном концентрировании радия, приготовлении счетного образца (порошкового препарата массой 100 мг) и измерении альфа- и бета- излучения изотопов радия и дочерних продуктов распада через определенные интервалы времени после концентрирования [6]. К недостаткам данного метода относятся большая погрешность полученных значений и необходимость радиохимической подготовки, среди преимуществ следует выделить экспрессность анализа; нетрудоемкий процесс пробоподготовки; отсутствие дорогостоящих реагентов и оборудования; пользовательский интерфейс обработки данных.

В рамках наших экспериментальных работ была проведена апробация данного метода определения изотопов радия на реальных образцах. Выделение изотопов радия осуществлялось соосаждением изотопов радия на небольшом количестве сульфата бария. Полученный осадок собирали на фильтре, проводили его доочистку, промывали, высушивали и распределяли на подложке для измерения радия-226 и радия-228 на альфа-, бета- радиометре УМФ-2000. Для контроля качества данной методики было проведено сравнение результатов с результатами гамма- спектрометрического анализа. Полученные результаты сведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения радия-226 гамма-спектрометрическим и альфа-бета- радиометрическим методом, Бк/л

№ пробы	Результаты $\alpha$ -, $\beta$ - радиометрии	Результаты $\gamma$ -спектрометрии
1	19,96 ± 5,8	20,4 ± 3,0
2	19,83 ± 8,01	19,2 ± 3,0
3	20,25 ± 6,15	19,2 ± 4,0
4	16,0 ± 4,0	17,5 ± 3,5
5	19,5 ± 3,5	20,5 ± 4,0

Для достоверной интерпретации сходимости результатов двух методов были рассчитаны значения  $E_n$ , исходя из ниже приведенного уравнения:

$$E_n = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{U_1^2 + U_2^2}}$$

где:  $x_1$  и  $x_2$  – результаты определения концентраций альфа-бета-радиометрическим и гамма-спектрометрическим методами, соответственно;  $U_1^2$  и  $U_2^2$  – расширенные неопределенности при  $k = 2$ .

Если  $|E_n| \leq 1,0$ , то результаты двух методов являются сходимыми [7]. Рассчитанные значения  $E_n$  приведены на рисунке 2.

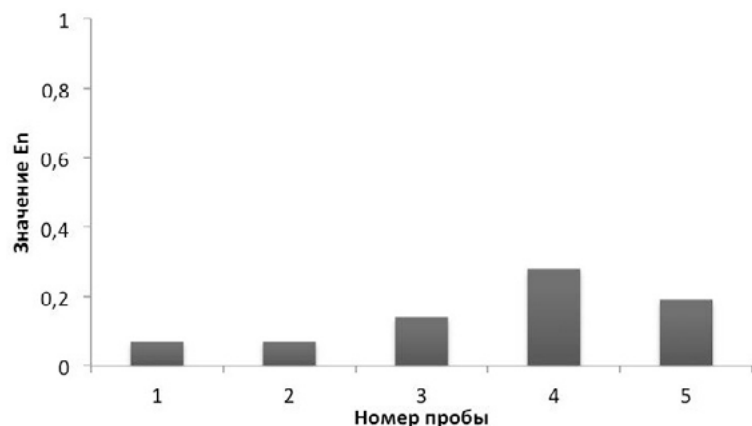


Рисунок 2. Значения  $E_n$  для исследованных проб

Из полученных данных видно, что все результаты альфа-бета-радиометрического анализа дают сходимые с гамма-спектрометрией результаты (значения  $E_n$  варьировались от 0,07 до 0,28), что подтверждает достоверность данного метода анализа проб.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вдовенко В.М., Дубасив Ю.В.** Аналитическая химия радия. - Ленинград, 1973. –11 с.
2. **Матвеева И.В.** Поведение радионуклидов семейств урана и тория в экосистеме долины реки Шу: Автореф. канд. дис. хим. наук. – Алматы, 2013. – 30 с. 2013 г.
3. **David A.** Atwood. Radionuclide in the Environment. Kentucky: Lexington, 2010. -97с.
4. **Бахур А.Е., Мануилова Л.И., Иванова Т.М., Зуев Д.М., Гульнин А.В.** Метод определения изотопов радия в природных водах с использованием низкофонного альфа-бета-радиометра // Методы определения изотопов. – Москва, 2005. – С. 21-24.

5. **Бекман И.Н.** РАДОН: ВРАГ, ВРАЧ и ПОМОЩНИК. – Москва, 2006. – 2с
6. Методика выполнения измерений объемной активности изотопов радия (226,228) в пробах природных вод альфа бета радиометрическим методом с предварительным концентрированием. - Москва, 2005.
7. ISO 13528:2005. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. - Geneve, Switzerland.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная методика может быть применена для выбора одной из трех предпочтительных площадок строительства АЭС на территории Республики Казахстан для строительства атомной станции.

Анализ показывает, что предпочтительной площадкой для строительства Атомной электрической станции на территории Республики Казахстан является площадка «Курчатов», которая обладает наибольшим суммарным значением функции полезности 0,9 по сравнению с площадкой «Улькен» 0,84.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Батий В.Г., Деренговский В.В.** Методика выбора площадки размещения радиационно-опасных объектов // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобыля. — 2004. — Вип. 1. — С. 43—50
2. **Кини Р.** Размещение энергетических объектов: выбор решения. Под ред. Ю.И. Корякина. — Москва Энергоатомиздат 1983 г.
3. **Батырбеков Г.А., Маханов У.М. и другие.** Системный сравнительный анализ проектов энергетических реакторов АЭС с водой под давлением типа PWR, ВВЭР разного диапазона мощностей. Сборник тезисов 9-й международной конференции «Ядерная и радиационная физика». Алматы, 2013.
4. Guidance for the application of an assessment methodology for innovative nuclear system. INPRO manual - overview of the methodology. IAEA -TECDOC-1575 Rev. 1. Nov. 2008.
5. IAEA Nuclear Energy Series. NP-T-1.12. Introduction to the Use of the INPRO Methodology in a Nuclear Energy System Assessment. IAEA, Vienna, 2010.
6. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993.

## СОДЕРЖАНИЕ

РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА И БЕЗОПАСНОСТЬ, ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА НА ЭКОЛОГИЮ <b>Отыншиев Б.А.</b> .....	3
НАЗЕМНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ УСТАНОВКА ПРОМЫВКИ И ОСВОЕНИЯ МАЛОДЕБИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН И ПРОВЕДЕНИЯ РВР «УПОС А1» <b>Өміргали А.Қ., Мушрапилов А.А.</b> .....	5
МЕТОД КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ПОСРЕДСТВОМ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОМЕТРИИ <b>Джикибаев Р., Эбэр Б., Пантелеев Д.</b> .....	13
НОВАЯ МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИФТОРИДА АММОНИЯ НА РУДНИКЕ «ЮЖНЫЙ ИНКАЙ» <b>Тайбагаров Е.Б.</b> .....	20
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ЖИДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ РУ БН-350, В УСЛОВИЯХ ПВ УРАНА <b>Блынский П.А., Панова Е.Н.</b> .....	24
ГИДРО-ПНЕВМО УДАР НА ПЛАСТ <b>Мушрапилов А.А., Өміргали А.Қ.</b> .....	30
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИГОНА КАПУСТИН ЯР <b>Байгуржин А.К., Левашо М.А., Полешко А.Н., Харкин П.В.</b> .....	35
НОВЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЯДЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ «ЛИРА» НА ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИЛЕГАЮЩИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ <b>Левашов М.А., Артемова В.А., Поденежко В.В., рук. Глуценко В.Н.</b> .....	41
ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ПРИПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВОГРУНТОВ НА ТЕРРИТОРИИ ОБЪЕКТА «ЛИРА» <b>Левашов М.А., Полешко А.Н., Агеева Т.И., Новозенко В.А., рук. Моренко В.С.</b> .....	47
ВОПРОСЫ РАДИОЭКОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ ПРИ ОТРАБОТКЕ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ПСВ <b>Мырзахметов А.А.</b> .....	53
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИЯ <b>Нурсапина Н.А., Матеева И.В., Назаркулова Ш.Н.</b> .....	61