

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2023-1-97-103>

УДК 556.114.679

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ АЛЬФА-, БЕТА-АКТИВНОСТИ В ВОДЕ

К.Т. Мустафина, Ф.Ф. Жамалдинов, Е.В. Романенко, Е.З. Шакенов, А.И. Меркель, С.Е. Сальменбаев

Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан

E-mail для контактов: zhamaldinov@nnc.kz

Приведены результаты исследований по применению метода определения суммарной альфа-, бета-активности в воде с использованием жидкостного сцинтилляционного счетчика (ЖСС) Quantulus 1220. Изучены и выполнены основные процедуры подготовки и спектрометрического измерения водных образцов. Определены эффективность регистрации альфа-, бета-частиц в зависимости от гашения и оптимальный параметр разделения альфа-, бета-излучения для применяемой методики. Отработка и испытания методики проводилась на модельных растворах с различной концентрацией и составом альфа-, бета-излучателей, а также путем участия в межлабораторных сличениях. Результаты показали, что использование ЖСС позволяет достаточно быстро и точно проводить оценку суммарной альфа- и бета-активности в воде на уровне ниже регламентируемых пределов без применения трудоемкой подготовки проб.

Ключевые слова: радионуклиды, радиоактивность воды, суммарная альфа-, бета-активность, жидко-сцинтилляционный счет, альфа/бета разделение.

ВВЕДЕНИЕ

Радионуклиды, присутствующие в питьевой воде, могут представлять опасность для здоровья человека. Как правило, эта опасность обычно несравнима с рисками, связанными с микроорганизмами и химическими веществами в воде, так как дозы облучения, получаемые при потреблении питьевой воды содержащей природные радионуклиды, намного ниже доз, получаемых от других источников радиации. Однако этот риск необходимо учитывать, так как основы защиты человека от внутреннего облучения строятся на предположении, что любое радиационное воздействие, даже в малых дозах, сопряжено с определенным уровнем опасности [1].

В питьевой воде могут содержаться в различных концентрациях природные альфа- (^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{210}Po) и бета-излучатели (^{40}K , ^{228}Ra и ^{210}Pb), а также искусственные радионуклиды (^{241}Am , ^{90}Sr) [2]. Рекомендации Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) указывают, что наиболее практичным подходом в оценке безопасности питьевой воды является использование процедуры скрининга, в рамках которой первым этапом определяется суммарный уровень альфа- и бета-радиоактивности, без учета конкретных радионуклидов. Скрининговые уровни для суммарной альфа- и бета-радиоактивности питьевой воды, согласно данным рекомендациям, составляют 0,5 Бк/л и 1 Бк/л, соответственно [2, 3]. При значениях суммарной радиоактивности ниже указанных величин, дальнейшие действия не предусматриваются.

В Казахстане, согласно нормативной документации, данные показатели составляют 0,2 Бк/л для альфа- и 1,0 Бк/л для бета-радиоактивности [4]. При этом для измерения суммарной активности, как правило, используются радиометры с твердотельным

счетчиком (например, радиометр УМФ). Но у подобных приборов есть существенные недостатки, такие как: необходимость контроля за радиационным фоном в лабораторном помещении, обусловленного радоном (Rn) и его дочерними продуктами распада при проведении анализа; а также относительно большие объемы проб воды, необходимые для достижения требуемых пределов обнаружения, что неизбежно влечет за собой увеличение времени на подготовку проб.

В последние годы в мировом сообществе для измерения альфа- и бета-излучателей в образцах окружающей среды широко применяют спектрометрию жидкостного сцинтилляционного счета (ЖСС) [5, 6]. Особенно использование этого метода предпочтительно, если концентрации радионуклидов очень малы. Пределы обнаружения обеспечиваемые ЖСС гораздо ниже в сравнении с другими методами измерений благодаря низким фоновым характеристикам приборов. Более того, применение ЖСС имеет такие несомненные преимущества, как высокая эффективность регистрации частиц, простота подготовки проб к измерению. Однако в Казахстане, из-за ограниченности подобного спектрометрического оборудования, данный метод не нашел практического применения. В этой связи проведение научно-исследовательской работы по использованию метода ЖСС для измерения суммарной альфа-, бета-радиоактивности имеет особую актуальность и практическую значимость.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Описание метода

Определение суммарной альфа-, бета-активности в воде с помощью ЖСС основано на использовании схемы анализа формы импульса (PSA) в данных приборах. Анализ формы импульса позволяет устано-

вить различия между альфа- и бета-импульсами, генерируемыми в жидком сцинтилляционном коктейле, путем сравнения площади хвоста импульса, производимого в фотоумножительных устройствах, с общей площадью импульса. Импульс, обусловленный регистрацией альфа-частицы, длиннее, чем от бета-частицы (рисунок 1).

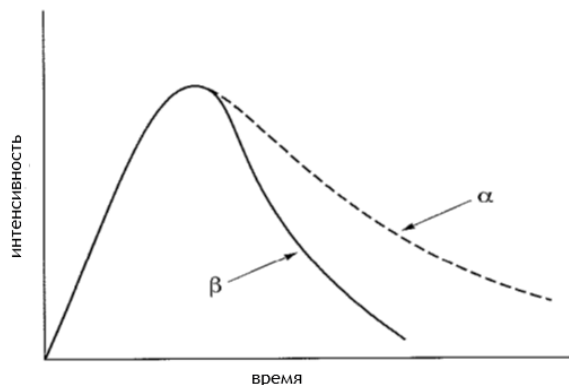


Рисунок 1. Различия импульсов, обусловленных регистрацией альфа- и бета-частиц [7]

На параметр разделения частиц с помощью жидкостной сцинтилляции влияет множество факторов: гашение (цветное или химическое) образца, сцинтилляционный коктейль, радионуклид, а также используемый сцинтилляционный счетчик. Таким образом, оптимальная настройка параметра PSA должна определяться специально для используемого прибора, с учетом используемого типа флакона и общего химического состава счетного образца [8, 9].

Эффективность регистрации частиц зависит от количества растворенных в воде минералов, которые поглощают некоторое количество света, генерируемого в сцинтилляторе. Это явление принято называть «гашением». Выделяют также «цветовое» гашение, обусловленное окрашиванием счетного образца после предварительной или радиохимической подготовки.

На корректность подсчета как для альфа-, так и для бета-компонентов влияет энергия излучателя, используемого для выбора оптимального коэффициента калибровки. Наилучшие результаты достигаются в том случае, когда радионуклидный состав анализируемого образца известен и калибровочный радионуклид выбирается так, чтобы максимально точно соответствовать энергии радионуклида образца [10, 11].

В данной работе для измерения суммарной альфа-, бета-активности природных вод применялся низкофоновый жидкостной сцинтилляционный спектрометр Quantulus 1220 производства компании «PerkinElmer» (США). Подготовленные счетные образцы помещались в кварцевые измерительные флаконы. В качестве сцинтилляционного коктейля для счетных образцов применялся Ultima Gold LLT, имеющий наилучшие фоновые характеристики и высокую устойчивость к разделению фаз.

Процедура подготовки и измерения счетных образцов

Из анализируемой пробы воды отбиралась аликвота объемом от 50 до 200 мл (в зависимости от степени минерализации исходной пробы). Выполнялось подкисление концентрированной HNO_3 до $\text{pH} \leq 2$ и упаривание до объема ~ 5 мл. Далее образец переносился в кварцевый измерительный флакон и упаривался до влажных солей. Полученный остаток разбавлялся 5 мл 0,1 М HNO_3 и подогревался до растворения солей. На последнем этапе подготовки добавлялось 15 мл сцинтилляционного коктейля Ultima Gold LLT и осуществлялось тщательное перемешивание. Измерение счетных образцов выполнялось на низкофоновом жидкостном сцинтилляционном спектрометре Quantulus 1220 в течение 60 мин.

Определение оптимального параметра разделения альфа-, бета-частиц

Для настройки режима разделения альфа-, бета-частиц подготавливались эталонные растворы излучателей: ^{90}Sr – чистого бета-излучателя и ^{241}Am – чистого альфа-излучателя. В счетные флаконы добавлялось 5 мл раствора ^{90}Sr и ^{241}Am (таблица 1) и осуществлялось смешивание с 15 мл сцинтилляционного коктейля Ultima Gold LLT.

Таблица 1. Активность альфа-бета излучателей в калибровочных счетных образцах

| Образец | Бета-активность, Бк | Альфа-активность, Бк |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|
| ^{241}Am | 0 | 180 |
| ^{90}Sr - ^{90}Y | 980 | 0 |

Подготовленные калибровочные счетные образцы измерялись в течение 20 мин, чтобы обеспечить стандартную неопределенность подсчета не менее 1 % (рисунок 2). Измерение проводилось с различными установленными настройками разделения частиц. Параметр PSA, безразмерная величина, варьировался в диапазоне от 50 до 120. Ошибки классификации альфа- как бета-частицы (X_a), и бета- как альфа-частицы (X_b) оценивались с помощью выражений:

$$X_a = \frac{B_0}{(A_0 + B_0)}, \quad (1)$$

$$X_b = \frac{A_0}{(A_0 + B_0)}, \quad (2)$$

где X_a – ошибка определения альфа-частицы как бета-частицы; X_b – ошибка определения бета-частицы как альфа-частицы; B_0 – скорость счета бета-частиц в анализаторе; A_0 – скорость счета альфа-частиц в анализаторе.

Построенные зависимости уровня PSA от ошибки определения альфа- и бета-частиц позволили определить оптимальный параметр разделения частиц. В нашем случае это значение составило – 45 (рисунок 3).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СУММАРНОЙ АЛЬФА-, БЕТА-АКТИВНОСТИ В ВОДЕ

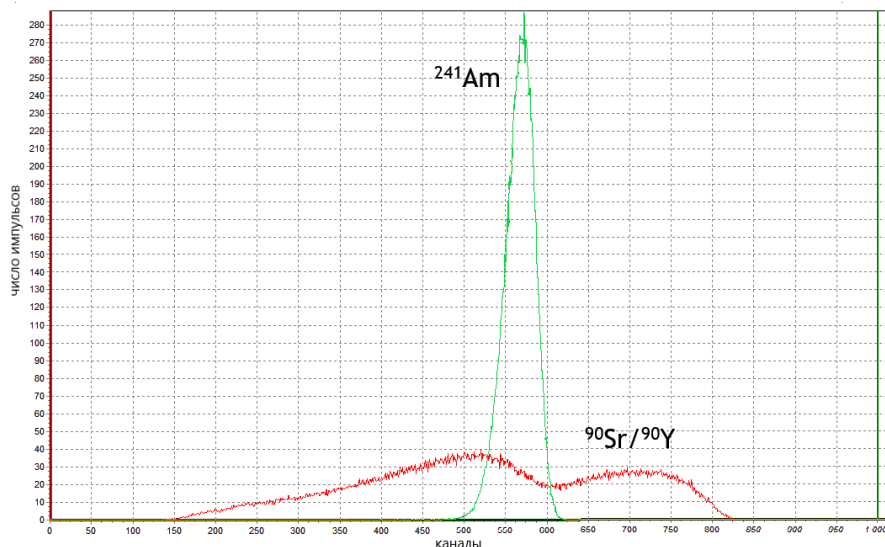


Рисунок 2. Спектр жидкостного сцинтилляционного измерения калибровочных счетных образцов при оптимальном параметре разделения альфа-, бета-частиц

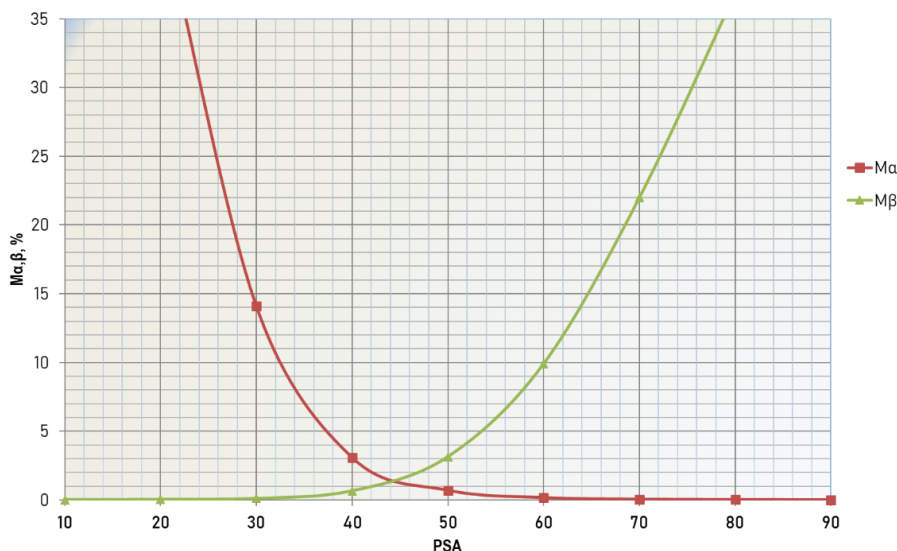


Рисунок 3. Графическое определение оптимального параметра альфа-, бета-разделения PSA. Оптимальное значение PSA находится на пересечении кривых ошибок определения альфа- и бета-частиц и составляет 45

Таблица 2. Состав счетных образцов для калибровки ЖСС по эффективности регистрации

| № образца | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------|------|
| FeCl ₃ , мл | 1/20 ¹⁾ | | | | | | | насыщ. раствор FeCl ₃ | |
| | – | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,6 | 3,2 | 0,32 | 0,64 |
| 0,1 М HNO ₃ , мл | 5 | 4,9 | 4,8 | 4,6 | 4,2 | 3,4 | 1,8 | 4,68 | 4,36 |
| Ultima Gold-сцинтиллятор, мл | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |

¹⁾ 1 мл насыщенного раствора FeCl₃ разбавили в 20 раз

Калибровка ЖСС по эффективности регистрации частиц

Для измерения суммарной альфа- и бета-активности было проведено определение эффективности регистрации альфа-частиц в альфа-области, альфа-частиц в бета-области, бета-частиц в бета-области и бета-частиц в альфа-области в зависимости от гашения. Оценивалось влияние «цветового» гашения на изме-

нение эффективности регистрации. С этой целью в приготовленные счетные образцы из чистых альфа- и бета-излучателей (²⁴¹Am и ⁹⁰Sr активностью по 200 Бк) добавлялось различное количество гасителя FeCl₃ (таблица 2) и выполнялось измерение.

Построенные кривые эффективности регистрации альфа- и бета-частиц представлены на рисунках 4 и 5.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СУММАРНОЙ АЛЬФА-, БЕТА-АКТИВНОСТИ В ВОДЕ**

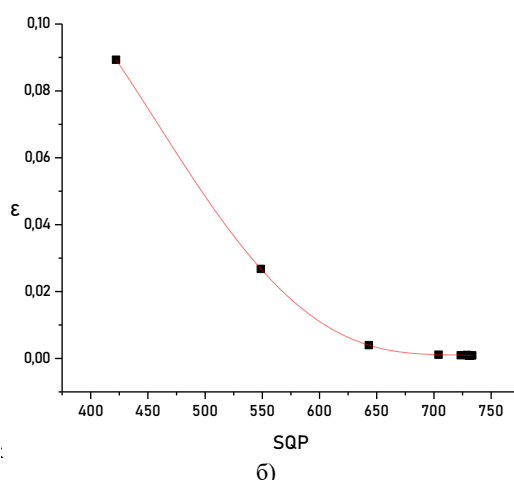
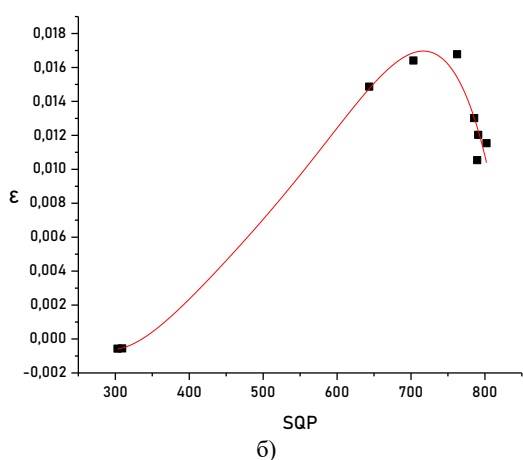
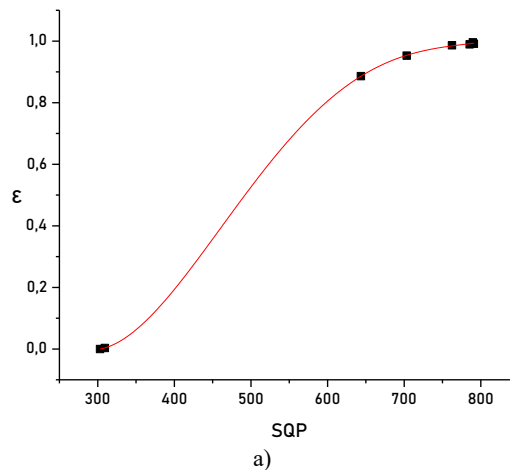
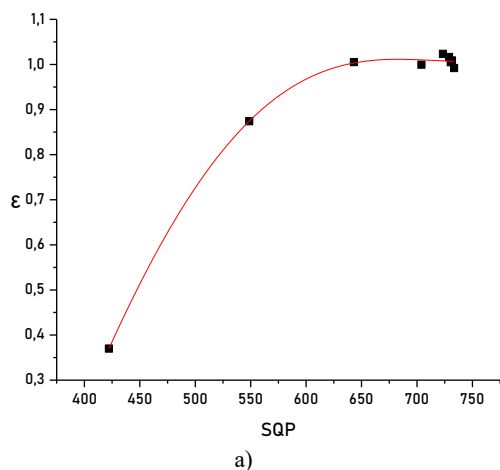


Рисунок 4. Зависимость эффективности регистрации альфа-излучения ϵ от параметра гашения SQP в счетном образце: а) в области регистрации альфа-частиц; б) в области регистрации бета-частиц

Рисунок 5. Зависимость эффективности регистрации бета-излучения ϵ от параметра гашения SQP в счетном образце: а) в области регистрации бета-частиц; б) в области регистрации альфа-частиц

Контрольные измерения модельных растворов

Обработка методики измерений выполнялась на модельных растворах. В 5 образцов подкисленной дистиллированной воды, объемом 200 мл, вносилось различное количество ^{90}Sr и ^{241}Am . Подготовка и измерение счетных образцов осуществлялись согласно освоенным процедурам радиометрического анализа. Результаты контрольных измерений представлены в таблице 3.

Максимальная ошибка при определении альфа-активности в образцах составила 24%, бета-активности – 22%. Результаты контрольных измерений показывают на возможность определения удельной альфа- и бета-активности в питьевой воде на уровне 0,05 Бк/л и 0,7 Бк/л, соответственно, что гораздо ниже регламентируемых значений.

Таблица 3. Результаты измерений модельных растворов

| Образец | Активность ^{241}Am , Бк/л | | Расхождение, % | Активность ^{90}Sr - ^{90}Y , Бк/л | | Расхождение, % |
|---------|-------------------------------------|-------------|----------------|--|------------|----------------|
| | Фактическое | Измеренное | | Фактическое | Измеренное | |
| 1 | 0,50±0,02 | 0,47±0,05 | -6 | 7,3±0,4 | 6,4±0,6 | -11 |
| 2 | 0,40±0,02 | 0,38±0,04 | -5 | 5,8±0,3 | 4,5±0,5 | -22 |
| 3 | 0,25±0,01 | 0,31±0,03 | 24 | 3,6±0,2 | 3,1±0,3 | -15 |
| 4 | 0,10±0,01 | 0,12±0,02 | 20 | 1,45±0,07 | 1,34±0,13 | -8 |
| 5 | 0,050±0,003 | 0,055±0,014 | 10 | 0,72±0,04 | 0,74±0,11 | 3 |

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЖИДКОСТНОЙ СЦИНТИЛЛЯЦИИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
СУММАРНОЙ АЛЬФА-, БЕТА-АКТИВНОСТИ В ВОДЕ**

Таблица 4. Результаты межлабораторных испытаний IAEA-TERC-2022-02

| Образец | Анализ | Аттестованное среднее значение, Бк/кг | Аттестованное стандартное отклонение, Бк/кг | Измеренная активность, Бк/кг | Z | Оценка |
|---------|----------------------------|---------------------------------------|---|------------------------------|------|---------|
| 1 | суммарная альфа-активность | 23,98 | 7,78 | 34±5 | 1,29 | пройден |
| 1 | суммарная бета-активность | 124,75 | 29,46 | 120±18 | 0,16 | пройден |
| 2 | суммарная альфа-активность | 12,72 | 3,73 | 16,5±2,5 | 1,01 | пройден |
| 2 | суммарная бета-активность | 28,94 | 6,35 | 28±4 | 0,15 | пройден |
| 3 | суммарная альфа-активность | 8,93 | 3,04 | 10,6±1,6 | 0,55 | пройден |
| 3 | суммарная бета-активность | 27,63 | 6,78 | 27±4 | 0,09 | пройден |

Межлабораторное сличение

Испытания отработанного метода определения суммарной альфа-бета активности проводились путем участия в ежегодном межлабораторном квалификационном тесте IAEA-TERC-2022-02 сети ALMERA (Analytical Laboratories for the Measurement of Environmental Radioactivity – Аналитические лаборатории по измерению радиоактивности окружающей среды) Деятельность данной лабораторной сети, созданной МАГАТЭ, направлена для внешнего контроля качества измерений, а также повышения квалификации и аналитических возможностей лабораторий-участниц с целью обеспечения надежного и своевременного анализа проб окружающей среды в случае случайного или преднамеренного выброса радиоактивности [12].

В квалификационном тесте в 2022 году участвовало 97 лабораторий из 55 стран. Испытания включали в себя исследование 3 водных образцов на анализ суммарного содержания альфа- и бета-излучающих радионуклидов любым подходящим для участников методом. Образцы для лабораторных испытаний были отобраны в г. Зайберсдорф, Австрия и подготовлены путем внесения в необработанную воду известного количества стандартного раствора с содержанием смеси аттестованных радионуклидов. Для стабильности образцов растворы были подкислены до $pH \leq 2$ (~0,05M HNO_3). Объем каждого образца составлял 500 мл. Целевые значения содержания суммарной альфа-, бета-активности в водных образцах определены организаторами испытаний статистическим методом из выборки предварительных аттестационных измерений и оглашены участникам после сбора всех результатов.

Для оценки качества анализа в испытании использовался параметр Z-Score, который рассчитывался согласно выражению:

$$z = \frac{A_{изм} - A_{цел}}{rob\ sd}, \quad (3)$$

где: $A_{изм}$ – активность в образце, предоставленная участником испытания; $A_{цел}$ – целевое (аттестованное) значение активности в образце; $rob\ sd$ – аттестованное (робастное) стандартное отклонение значения целевой активности.

Квалификационный тест считался пройденным в случае, если параметр Z-Score был меньше 2; прова-

лен если больше 3. Значение Z-Score от 2 до 3 указывало на необходимость дополнительной проверки используемого метода измерений [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Определение суммарной активности предоставленных водных образцов выполнялось с учетом оптимальных параметров спектрометрических измерений (поправку на гашение счетного образца, параметра разделения частиц) на Quantulus 1220. Результаты квалификационного теста измерения приведены в таблице 4.

Измеренная суммарная альфа-, бета-активность для каждого водного образца вошла в диапазон целевых значений и квалификационный тест был успешно пройден. Рассматривая измерение суммарной бета-активности образцов, где значение параметра Z составило гораздо меньше 1, можно сделать вывод об отличной прецизионности анализа. Касательно оценки содержания альфа-активности наблюдается превышение фактических значений, в отдельных случаях оно достигает 42%. Это возможно объяснить тем, что радионуклидный состав альфа- и бета-излучателей испытуемого образца сильно отличался от того, что использовался для калибровочных измерений при постановке методики. Более того, метод измерения суммарной активности альфа- и бета-излучателей является радиометрическим и обусловлен значительной неопределенностью, что подтверждается большим диапазоном допустимых значений данного теста. Не случайно данный метод используется только для первичной скрининговой оценки радиационной опасности: нецелесообразно для каждого измерения готовить свой калибровочный стандарт, содержание суммарной активности излучателей счетных образцов меняется с течением времени и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрено применение метода ЖСС для измерения суммарной альфа-бета-активности в воде. Выполнены исследования по выбору оптимального параметра разделения альфа- и бета-частиц для ЖСС, изменения эффективности регистрации от цветового гашения счетного образца.

Отработка процедур подготовки и спектрометрических измерений проводилась на модельных растворах с известным содержанием альфа-, бета-излучателей. Максимальная ошибка при контрольных измере-

ниях растворов, с известным добавлением ^{90}Sr и ^{241}Am , составила 24% для альфа- и 22% для бета-активности.

Испытания применяемой методики осуществлены путем успешного прохождения межлабораторного квалификационного теста IAEA-TERC-2022-02. Во всех случаях результаты измерений вошли в диапазон целевых значений суммарной альфа-, бета-активности.

Данная методика может эффективно применяться для радиоэкологического анализа воды в Казахстане органами санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также научными и исследовательскими центрами, ведущими свою деятельность в области радиоэкологии и экологического мониторинга.

Данные исследования финансировались Министерством энергетики Республики Казахстан в рамках научно-технической программы «Развитие атомной энергетики в Республике Казахстан» (ИРН – BR09158470).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. D. Amrani, D.E. Cherouati, Health effects from radon-222 in drinking water in Algiers // Journal of Radiological Protection. – 1999. – 19 (3). – P. 275–279.
2. WHO Guidelines for drinking water quality (3rd ed.): World Health Organisation, Geneva. – 2011.
3. UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Sources and effects of ionising radiation, United Nations, New York. – 2000.
4. Гигиенические нормативы к обеспечению радиационной безопасности, утвержденные приказом Минист-

- ром здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71. [Gigienicheskie normativy k obespecheniyu radiatsionnoy bezopasnosti, utverzhdennyye prikazom Ministrom zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan ot 2 avgusta 2022 goda No. ҚР ДСМ-71.]
5. Jobbágy V., Wätjen U., Meresova J. Current status of gross alpha/beta activity analysis in water samples: a short overview of methods // Journal of radioanalytical and nuclear chemistry. – 2010. – Т. 286. – No. 2. – P. 393–399.
 6. Hou X. Liquid scintillation counting for determination of radionuclides in environmental and nuclear application // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2018. – Т. 318. – No. 3. – P. 1597–1628.
 7. Alpha-Beta Discrimination. Perkin Elmer official web site URL: <https://www.perkinelmer.com/lab-products-and-services/application-support-knowledgebase/radiometric/alpha-beta.html>
 8. Stojković I. et al. Radionuclide, scintillation cocktail and chemical/color quench influence on discriminator setting in gross alpha/beta measurements by LSC // Journal of Environmental Radioactivity. – 2015. – Т. 144. – P. 41–46.
 9. Hogg A. G., Cook G. T. Liquid scintillation counting (LSC) — Past, present, and future // Radiocarbon. – 2022. – Т. 64. – No. 3. – P. 541–554.
 10. L'Annunziata M. F. et al. Liquid scintillation analysis: principles and practice // Handbook of radioactivity analysis. – Academic press. – 2020. – P. 575–801.
 11. Stojković I. et al. Methodology of tritium determination in aqueous samples by Liquid Scintillation Counting techniques // Tritium-Advances in research and applications, ed.: Janković, MM, New York: NOVA Science Publishers. – 2018. – P. 99–156
 12. <https://nucleus.iaea.org/sites/ReferenceMaterials/Pages/ALMERA.aspx>
 13. ISO 13528:2015 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison.

СУДАҒЫ ЖАЛПЫ АЛЬФА, БЕТА БЕЛСЕНДІЛІГІН АНЫҚТАУ ҮШІН СҰЙЫҚ СЦИНТИЛЛЯЦИЯ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ

К.Т. Мұстафина, Ф.Ф. Жамалдинов, Е.В. Романенко, Е.З. Шақенов, А.И. Меркель, С.Е. Сальменбаев

ҚР ҰЯО РМК «Радиациялық қауіпсіздік және экология институты» филиалы, Курчатова, Қазақстан

Quantulus 1220 сұйық сцинтилляциялық есептегішін (CSE) пайдалана отырып, судағы жиынтық альфа-, бета-белсенділікті анықтау әдісін қолдану бойынша зерттеулер нәтижелері келтірілген. Су үлгілерін дайындау мен спектрометриялық өлшеудің негізгі рәсімдері зерделеніп, орындалды. Альфа-, бета-бөлшектерді сөндіруге байланысты тіркеудің тиімділігі және қолданылатын әдіс үшін альфа-, бета-сәулеленуді бөлудің оңтайлы параметрі анықталды. Әдістемені пысықтау және валидациялау альфа-, бета-сәуле шығарғыштардың әртүрлі шоғырлануы мен құрамы бар модельдік ерітінділерде, сондай-ақ зертханааралық салыстыруларға қатысу арқылы жүргізілді. Нәтижелер CSE пайдалану сынақтарды көп уақытты қажет ететін дайындауды қолданбай, реттелетін шектерден төмен деңгейде судағы жиынтық альфа- және бета-белсенділікті тез және дәл бағалауға мүмкіндік беретінін көрсетті.

Түйін сөздер: радионуклидтер, судың радиоактивтілігі, жиынтық альфа, бета белсенділігі, сұйық сцинтилляциялық балл, альфа / бета бөлу

**APPLICATION OF LIQUID SCINTILLATION METHOD FOR MEASURING
THE GROSS ALPHA-, BETA-ACTIVITY IN WATER**

K.T. Mustafina, F.F. Zhamaldinov, Ye.V. Romanenko, Ye.Z. Shakenov, A.I. Merkel, S.Ye. Salmenbayev

RSE NNC RK Branch "Institute of Radiation Safety and Ecology", Kurchatov, Kazakhstan

The results of research on the application of the method of measurement of gross alpha-, beta-activity in water using the liquid scintillation counter (LSC) Quantulus 1220 are presented. Basic procedures of preparation and spectrometric measurement of aqueous samples were studied and performed. The detection efficiency of alpha-, beta-particles depending on quenching and the optimum alpha-, beta-radiation separation parameter for the method used were determined. Testing and validation of the technique was carried out on model solutions with different concentrations and composition of alpha- and beta-emitters, as well as by participating in interlaboratory comparisons. The results demonstrated that the use of LSS allows for a sufficiently fast and accurate estimation of the gross alpha- and beta-activity in water below the regulated limits without the use of labor-intensive sample preparation.

Keywords: *radionuclides, radioactivity of water, gross alpha-, beta-activity, liquid scintillation counting, alpha/beta separation.*