

ISSN 2616-6836

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

BULLETIN

of the L.N. Gumilyov Eurasian
National University

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

PHYSICS. ASTRONOMY Series

Серия **ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ**

№2(123)/2018

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Астана, 2018

Astana, 2018

Бас редакторы
ф.-м.ғ. докторы
А.Қ. Арынгазин (Қазақстан)

Бас редактордың орынбасары

А.Т. Ақылбеков, ф.-м.ғ.д., профессор
(Қазақстан)

Редакция алқасы

Алдонгаров А.А.	PhD (Қазақстан)
Балапанов М.Х.	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
Бахтизин Р.З.	ф.-м.ғ.д., проф. (Ресей)
Гиниятова Ш.Г.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Даулетбекова А.Қ.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Ержанов Қ.К.	ф.-м.ғ.к., PhD (Қазақстан)
Жұмаділов Қ.Ш.	PhD (Қазақстан)
Здоровец М.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Қадыржанов Қ.К.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Кайнарбай А.Ж.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Кутербеков Қ.А.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Лушик А.Ч.	ф.-м.ғ.д., проф. (Эстония)
Морзабаев А.К.	ф.-м.ғ.к. (Қазақстан)
Мырзақұлов Р.Қ.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Нұрахметов Т.Н.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Сауытбеков С.С.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Тлеукенов С.К.	ф.-м.ғ.д., проф. (Қазақстан)
Усеинов А.Б.	PhD (Қазақстан)

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Сатпаев к-сі, 2, 408 б.
Тел.: (7172) 709-500 (ішкі 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген:
А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің хабаршысы.
ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

Меншіктенуші: ҚР БжҒМ "Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті" ШЖҚ РМК
Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігімен
тіркелген. 27.03.2018ж. №16999-ж тіркеу куәлігі.

Тиражы: 20 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Астана қ., Қажымұқан к-сі, 12/1,
тел.: (7172)709-500 (ішкі 31-428)

Editor-in-Chief
Doctor of Phys.-Math. Sciences
A.K. Aryngazin (Kazakhstan)

Deputy Editor-in-Chief

A.T. Akilbekov, Doctor of Phys.-Math. Sciences,
prof. (Kazakhstan)

Editorial board

Aldongarov A.A.	PhD (Kazakhstan)
Balapanov M.Kh.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
Bakhtizin R.Z.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Russia)
Dauletbekova A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD (Kazakhstan)
Giniyatova Sh.G.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Kadyrzhhanov K.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Kainarbay A.Zh.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Kuterbekov K.A.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Lushchik A.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Estonia)
Morzabayev A.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Myrzakulov R.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Nurakhmetov T.N.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Sautbekov S.S.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Tleukenov S.K.	Doctor of Phys.-Math. Sciences, prof. (Kazakhstan)
Useinov A.B.	PhD (Kazakhstan)
Yerzhanov K.K.	Candidate of Phys.-Math. Sciences, PhD(Kazakhstan)
Zdorovets M.	Candidate of Phys.-Math. Sciences (Kazakhstan)
Zhumadilov K.Sh.	PhD (Kazakhstan)

Editorial address: 2, Satpayev str., of.408, Astana, Kazakhstan, 010008
Tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Responsible secretary, computer layout:
A.Nurbolat

Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University.
PHYSICS. ASTRONOMY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct "L.N. Gumilyov Eurasian National University"

Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate №16999-ж from 27.03.2018.

Circulation: 20 copies

Address of printing house: 12/1 Kazhimukan str., Astana, Kazakhstan 010008;

tel.: (7172) 709-500 (ext. 31-428)

Главный редактор
доктор ф.-м.н.
А.К. Арынгазин (Казахстан)

Зам. главного редактора

А.Т. Акилбеков, доктор ф.-м.н.
профессор (Казахстан)

Редакционная коллегия

Алдонгаров А.А.	PhD (Казахстан)
Балапанов М.Х.	ф.-м.н., проф. (Россия)
Бахтизин Р.З.	ф.-м.н., проф. (Россия)
Гиниятова Ш.Г.	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
Даулетбекова А.К.	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Ержанов К.К.	кандидат ф.-м.н., PhD (Казахстан)
Жумадилов К.Ш.	доктор PhD (Казахстан)
Здоровец М.	к.ф.-м.н. (Казахстан)
Кадыржанов К.К.	ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Кайнарбай А.Ж.	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
Кутербеков К.А.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Лущик А.Ч.	ф.-м.н., проф. (Эстония)
Морзабаев А.К.	кандидат ф.-м.н. (Казахстан)
Мырзакулов Р.К.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Нурахметов Т.Н.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Сауытбеков С.С.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Тлеукенов С.К.	доктор ф.-м.н., проф. (Казахстан)
Усеинов А.Б.	PhD (Казахстан)

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Сатпаева, 2, каб. 408
Тел.: (7172) 709-500 (вн. 31-428)
E-mail: vest_phys@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка:
А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.
Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

Собственник РГП на ПХВ "Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева" МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан.

Регистрационное свидетельство №16999-ж от 27.03.2018г.

Тираж: 20 экземпляров

Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Астана, ул. Кажимукана, 12/1,
тел.: (7172)709-500 (вн. 31-428)

Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ХАБАРШЫСЫ. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ сериясы

№2(123)/2018

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Ядролық физика эксперименттеріне жұқа қатты мақсаттарды қабылдау және қолдану	8
<i>Амангелді С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Мембраналық дистилляция процесіне арналған тректі мембраналарды кремний нанобөлшектерімен түрлендіру	15
<i>Жұмадилов Қ.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.Қ.</i> Тіс эмалін ЭПР әдісімен зерттеу арқылы уранөндіруші кәсіпорын қызметкерлерінің ішкі альфа-сәулелену дозасын бағалау	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> CRYSTAL бағдарламасын қолдана отырып ZnO-дағы зарядталған дефектілерді <i>ab-initio</i> есептеулер	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А., Оралбеков Н.Б.</i> ZnO кристалдарындағы акцепторлық қоспалардың зарядты өтілу деңгейлері. Бірінші қағидалардан есептеулер.	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Бериллий тотығы ұнтағы мен шликерлік құю әдісімен бериллий керамикасын алудың технологиялық ерекшеліктері	41
<i>Тогабаев Е.Т., Өтепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Минералданған суды тұссыздандырудың технологиялық сұлбасын өңдеу және қондырғының инженерлік есебінің материалдық балансын құрастыру	50

BULLETIN OF L.N. GUMILYOV EURASIAN NATIONAL UNIVERSITY. PHYSICS.
ASTRONOMY SERIES

№2(123)/2018

CONTENTS

PHYSICS	
<i>Amangeldi N., Temerbayev A.A., Aimagambetov A.S., Mauey B., Kok Ye., Yergaliuly G., Akylbekova A.A., Zhumasseit A.G</i> Producing and application of thin solid targets for nuclear physics experiments	8
<i>Amangeldi S.O., Korolkov I.V., Zdorovets M.V.</i> Modification of Track Membranes by Silicon Nanoparticles for Membrane Distillation	15
<i>Zhumadilov K.Sh., Abyshov B.K., Orazalina I.S., Isa Zh.K.</i> Estimates of doses of internal alpha-irradiation of uranium mining enterprise personnel by using EPR spectroscopy of tooth enamel	21
<i>Ybyraev N.S., Usseinov A.B., Akilbekov A.T., Zdorovets M.V., Oralbekov N.B., Dukenov A.B.</i> Ab-initio calculation of charged defects in ZnO using the program CRYSTAL	27
<i>Ybyrayev N.S., Usseinov A.B., Akylbekov A.T., Zdorovets M.V., Dukenov A.B., Oralbekov N.B.</i> Levels of the charge transition of acceptor impurities in ZnO crystals. Calculations from the first principles.	33
<i>Sattinova Z.K., Zhapbasbaev U.K., Ramazanova G.I., Asilbekov B.K., Omirbayeva A.O.</i> Technological peculiarities of obtaining of powders BeO and beryllium ceramics by method of casting slurry	41
<i>Togabayev E.T., Utepbergenova L.M., Moldabayeva G.N.</i> Development of technological desalination schememineralized water and material balance for engineering calculation of the installation	50

ВЕСТНИК ЕВРАЗИЙСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
ИМЕНИ Л.Н.ГУМИЛЕВА. Серия ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ

№2(123)/2018

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА	
<i>Амангелді Н., Темербаев А.А., Аймаганбетов А.С., Мәуей Б., Көк Е., Ергалиұлы Ғ., Ақылбекова А.А., Жұмасейіт А.Ғ.</i> Получение и применение тонких твердотельных мишеней для ядерно-физических экспериментов	8
<i>Амангелди С.О., Корольков И.В., Здоровец М.В.</i> Модификация трековых мембран наночастицами кремния для мембранной дистилляции	15
<i>Жумадилов К.Ш., Абышев Б.К., Оразалина И.С., Иса Ж.К.</i> Оценки доз внутреннего альфа-облучения персонала уранодобывающего предприятия по эмали зубов методом ЭПР спектроскопии	21
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Оралбеков Н.Б., Дукенов А.Б.</i> Ab-initio вычисления заряженных дефектов в ZnO с использованием программы CRYSTAL	27
<i>Ыбыраев Н.С., Усеинов А.Б., Ақылбеков А.Т., Здоровец М.В., Дукенов А.Б., Оралбеков Н.Б.</i> Уровни зарядового перехода акцепторных примесей в кристаллах ZnO. Расчеты из первых принципов	33
<i>Саттинова З.К., Жапбасбаев У.К., Рамазанова Г.И., Асылбеков Б.К., Омирбаева А.О.</i> Технологические особенности получения BeO и бериллиевой керамики методом шликерного литья	41
<i>Тогабаев Е.Т., Утепбергенова Л.М., Молдабаева Г.Н.</i> Разработка технологической схемы обессоливания минерализованных вод и составление материального баланса для инженерного расчета установки	50

МРНТИ 58.35.03

К.Ш. Жумадилов, Б.К. Абышев, И.С. Оразалина, Ж.К. Иса

*Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан
(E-mail: baurzhan.abyshev@gmail.com)*

Оценки доз внутреннего альфа-облучения персонала уранодобывающего предприятия по эмали зубов методом ЭПР спектроскопии

Аннотация: Данная статья посвящена теме диссертационного исследования на соискание степени PhD доктора по специальности "Ядерная физика". В статье отмечается значимость и вклад внутреннего альфа облучения как составной части радиоактивного облучения, а также один из методов, относящихся к ретроспективной оценке индивидуальной дозы- ЭПР спектроскопии по эмали зубов. Целью настоящей статьи является описания возможности получения данных выбранным методом для определения радиационного воздействия на персонал уранодобывающего предприятия. Оценка ретроспективной (относящийся к прошлому) дозы для персонала уранодобывающего предприятия является актуальным вопросом, поскольку необходимо оценить риски радиационного воздействия, для возможности прогнозировать медицинские последствия радиационного облучения. Альфа частица тяжелая, но имеет маленькую проникающую способность. Однако, наибольшую опасность для здоровья человека представляет внутреннее облучение. Дело в том что излучение оказывает мощное энергетическое воздействие на органы и ткани, которое приводит к разрушению, мутации и перерождению. Поэтому оценка доз внутреннего альфа - облучения приоритетное направление.

Ключевые слова: Внутреннее альфа облучение, эмаль зубов, ЭПР спектроскопия, дозы облучения, дозиметрия, предупреждающие действия.

Введение. Один из важнейших вопросов, представляющий научный интерес, это - вопрос о действии радиации на человека и окружающую природу. Промышленно развитые и развивающиеся страны уделяют большое внимание данной проблеме. Да, именно проблеме т.к. вопрос очень серьезен и требует детального подхода. Радиация действительно очень опасна. При значительных дозах она вызывает существенные поражения тканей, а при небольших дозах способствует появлению рака и может индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей и внуков человека, подвергшегося облучению, или у его более отдаленных потомков [1]. Справедливо встает вопрос о защите организма человека, первую очередь о дозиметрии и предупреждающих действиях. Поэтому оценка доз внутреннего альфа - облучения приоритетное направление. Один из лучших способов определения доз внутреннего альфа-облучения метод спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) по эмали зубов. Объектом исследования выбран персонал уранодобывающего предприятия. Данная статья не претендует на то, чтобы дать ответ на все вопросы, но сделана попытка анализ и описан метод ЭПР спектроскопии. Остановившись на ключевых моментах темы, все же начнем с самого начала. Из нескольких видов радиоактивного излучения, которые существуют, работа будет посвящена альфа излучению. Альфа частица - тяжелая положительно заряженная частица (полностью ионизированный атом гелия-4), возникает при распаде нестабильных элементов. Свойства данной частицы позволяют судить о ней как о тяжелой, ионизирующей частице с небольшой проникающей способностью. Однако это не должно заводить в заблуждение, поскольку помимо внешнего облучения существует и внутреннее облучение и как раз оно таит в себе наибольшую опасность для здоровья человека. Если альфа частицы попадают внутрь человеческого организма с водой, воздухом или пищей, кроме ионизации излучение разрушает ткани, что приводит к повреждению живых клеток. Возможен вариант попадание в организм радиоизотопов, излучающих альфа частицы через открытые раны и порезы. Принимая во внимание, что некоторые радиоизотопы живут достаточно долго, можно предположит мощное энергетическое воздействие на органы и ткани которое приводит к мутации и перерождению [2]. Человеческий организм не способен нейтрализовать радиоактивные изотопы, поэтому попадая внутрь, облучение ткани изнутри будет происходить на протяжении большого количества времени. Стоит отметить важность защиты организма человека, в первую очередь дозиметрия и предупреждающие действия. По этой причине выбрано приоритетное направление - оценка доз внутреннего альфа облучения. Оценка доз является трудоемкой задачей. Есть два физических метода, относящихся к ретроспективной оценки индивидуальной дозы. Первый метод, иногда называемый "дозой реконструкции", основан на радиоэкологическом моделировании с дальнейшей персонализацией оценок дозы с использованием данных

о индивидуальных факторах, определяющие дозу, такие как количества и источники потребляемой пищи и молока, поведенческие факторы, условия жизни, перемещений и т. д. Этот метод обычно был использован для оценки дозы в радиоэпидемиологическом контроле и при когортных исследованиях (проспективное исследование факторов, которые могут послужить причиной развития того или иного заболевания). Второй метод - спектроскопия электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) эмали зубов. Зубная эмаль является наиболее подходящим материалом для ретроспективной дозиметрии, так как она состоит в основном из неорганических веществ (эмалевая призма (диаметром 4-6 мкм), состоящая из кристаллов гидроксипатита) [3-6]. Метод спектроскопии электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) по эмали зубов зарекомендовал себя как один из лучших способов определения доз облучения. Объектом исследования выбран персонал уранодобывающего предприятия. В предстоящей работе по спектроскопии электронного парамагнитного резонанса эмали зубов будет применяться для оценки доз внутреннего альфа- облучения персонала уранодобывающих предприятий, а также для оценки ущерба здоровью населения в загрязненных радионуклидами зонах [7-9]. ЭПР дозиметрия ограничена субъектами с доступными образцами зубов, которые могут быть извлечены только по действующим медицинским показаниям. Тем не менее этот инструментальный метод очень полезен для проверки индивидуальных доз, оцененных путем реконструкции дозы. Эти данные можно сравнить с картой индивидуального дозиметрического контроля сотрудника, которая хранится в архиве в течении 50 лет после увольнения. Учитывая применение похожих методов для оценки доз облучения, все же остается не решенной проблема корректного использования ЭПР - дозиметрии. Актуальность заключается в решении проблемы улучшения метода ЭПР - дозиметрии и увеличении области его применения, а также в узконаправленной специализации- оценка внутреннего альфа-облучения. Целью настоящей работы будет являться получение данных для определения радиационного воздействия на персонал уранодобывающего предприятия, а также для населения в загрязненных радионуклидами зонах по эмали зубов методом ЭПР спектроскопии, проведение анализа и разработка методики оценки доз внутреннего альфа-облучения, а также сравнение с дозиметрическими данными получаемых на предприятиях. Работа будет разбита на несколько этапов, каждый из этапов найдет свое отражение в последующих, связанных между собой, статьях.

ЭПР спектроскопия и принцип ЭПР спектрометра. Спектроскопия ЭПР - метод исследования парамагнитных частиц и центров, кинетики и механизмов процессов, происходящих с их участием. Атомные ядра и электроны, имея определенный электрический заряд, могут обладать и некоторым магнитным моментом. Молекула как система, состоящая из этих заряженных частиц, также может характеризоваться вектором магнитного момента, который связан главным образом с орбитальным и спиновым движением электронов. Еще одной характеристикой молекулы является тензор магнитной восприимчивости. Этими свойствами и определяются явления, происходящие при нахождении молекулы в магнитном поле. К важнейшим физическим методом исследования, связанным с изучением результатов взаимодействия молекул вещества с постоянным и переменным внешними магнитными полями, относятся методы радиоспектроскопии ЯМР и ЭПР[10-12]. Спектроскопия ЭПР применима лишь к объектам обладающим парамагнитным моментом, т.е. частицы (молекулы, радикалы, ионы и др.) с неравным нулю суммарным электронным спином, парамагнитные центры в кристаллах и т. д. С помощью ЭПР из спектра получают ценнейшую информацию о структуре и динамике изучаемых систем. Этим методом решают разнообразные структурно - аналитические задачи. Воздействуя электромагнитным излучением СВЧ диапазона с плоскостью поляризации магнитного поля V_1 перпендикулярной плоскости постоянного поля на электрон, помещенный в постоянное магнитное и при выполнении условия $h\nu = g\beta B$, то индуцируются резонансные переходы между двумя уровнями, при которых электрон меняет свое спиновое состояние. Так как уровни отличаются заселенностью, то суммарно этот эффект будет выражаться в виде поглощения энергии электромагнитного поля системой. Основной задачей опыта при наблюдении явления ЭПР является точная регистрация поглощаемой электромагнитной энергии. Условие парамагнитного резонанса описывается

уравнением $h\nu = g\beta H$ Для наблюдения парамагнитного резонанса можно использовать два метода - изменение напряженности поля при постоянной частоте либо изменение частоты электромагнитного излучения при постоянном магнитном поле. Так как менять на практике напряженность магнитного поля в большом диапазоне значительно легче, в отличии от частоты электромагнитного излучения, в спектрометрах ЭПР используется первый метод, и спектр ЭПР представляет собой зависимость поглощения электромагнитной энергии от величины магнитного поля.

Для определения индивидуальных накопленных доз применяется метод ЭПР спектроскопии эмали зубов. При воздействии ионизирующего излучения в эмали зубов образуется стабильные радиационно-индуцированные парамагнитные центры, которые накапливаются в течении всего периода существования сформировавшейся эмалевой коронки зуба. Эти центры можно зарегистрировать методом ЭПР - спектроскопии и по их концентрации, используя калибровочные зависимости, определить накопленную дозу. При использовании ЭПР - спектроскопии эмали зубов могут быть применены различные методические подходы к подготовке образцов, измерению спектров, способу их математической обработки и интерпретации результатов для определения индивидуальных доз[13,14].

В данной статье дадим краткое описание методического подхода используемого для приготовления образцов и измерения доз. Образцы эмали можно получить путем удаления дентина из коронки зуба с помощью твердосплавных зубврачебных боров и размельчением на кусочки размером 1-2 мм. Рекомендуемая масса образцов для анализа составляла от 50 до 150 мг. Вычитание фонового нативного сигнала от органических компонентов эмали нужно производить с помощью встроенного в спектрометр компьютера с использованием базового программного обеспечения. Для моделирования вычитаемого фонового сигнала рекомендуется использовать спектр эмали детских зубов, отобранных по критерию минимальной величины сигнала. Форму моделируемого сигнала необходимо подгонять к сигналу от органических компонентов путем изменения его амплитуды, сдвига по полю и ширины, используя программное обеспечение под контролем оператора. В результате вычитания должен получиться радиационно-индуцированный сигнал, интенсивность которого определяется по амплитуде низкочастотной компоненты. Накопленную дозу определим по нормированной на массу образца интенсивности сигнала с использованием универсального калибровочного коэффициента. За величину этого коэффициента необходимо принимать среднее значение наклона калибровочных зависимостей, измеренных для нескольких десятков образцов эмали, облучаемых прямым коллимированным пучком γ - излучения источников ^{60}Co и ^{137}Cs в условиях электронного равновесия. Для обоих типов источников должны получить одинаковые значения калибровочного коэффициента.

Заключение. Электронный парамагнитный резонанс представляет собой явление поглощения излучения микроволновой частоты молекулами, ионами или атомами, обладающими электронами с неспаренными спинами. При воздействии ионизирующего излучения в эмали зубов образуется стабильные радиационно-индуцированные парамагнитные центры, которые накапливаются в течении всего периода существования сформировавшейся эмалевой коронки зуба. Эти центры можно зарегистрировать методом ЭПР - спектроскопии и по их концентрации, используя калибровочные зависимости, определить накопленную дозу. Можно сделать вывод, что для проведения ЭПР спектроскопии эмаль зубов оптимальный вариант, т.к. сам зуб выступает в качестве природного индикатора радиации.

Список литературы

- 1 Банникова Ю.А. Радиация. Дозы, эффекты, риск. - Москва: Мир, 1990.- 79 С.
- 2 Акатов А.А.,Коряковский Ю.С.,Белоус Д.А. О радиации [Электрон.ресурс].-2010.-URL: <http://www.russianatom.ru/information/> (дата обращения: 10.12.2017)
- 3 Henning, G.H., Herr, W., Weber, E., Xirotiris, N.L., ESR- dating of the fossil hominid cranium from Petralona Cave, Greece // Nature 1981, 292 -P 533-536.
- 4 Tielewuhan E., Ivannikov A., Zhumadilov K., Nalapko M., Tikunov D., Skvortsov V., Stepanenko V., Toyoda Sh., Tanaka K., Endo S., Hoshi M. Spectra processing at tooth enamel dosimetry:

analytical description of EPR spectrum at different microwave power // Radiat. Meas. - 2006. - 41. №3-P. 410-417.

5 Skvortsov V., Ivannikov A., Tikunov D., Stepanenko V., Borysheva N., Orlenko S., Nalapko M., Hoshi M. Considerations Regarding the Implementation of EPR Dosimetry for the Population in the Vicinity of Semipalatinsk Nuclear Test Site Based on Experience from Other Radiation Accidents // Journal of Radiation Research - 2006 - №47 - P. 61-69.

6 Zhumadilov K., Stepanenko V., Ivannikov A., Zhumadilov Z., Toyoda S., Tanaka K., Endo S. and Hoshi M. Measurement of absorbed doses from X-ray baggage examinations to tooth enamel by means of ESR and glass dosimetry // Radiat. Environ. Biophys. - 2008 - №47. - P. 541-545.

7 Chumak, V., Sholom, S., Pasalkaya, L. Application of high precision EPR dosimetry with teeth for reconstruction of doses to Chernobyl populations. // Radiat. Prot. Dosim. - 1999. №84.-P. 515-520.

8 Zhumadilov K., Ivannikov A., Apsalikov K., Zhumadilov Zh., Stepanenko V., Skvortsov V., Berekenova G., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Miyazawa C. and Hoshi M. Results of tooth enamel EPR dosimetry for population living in the vicinity of the Semipalatinsk nuclear test site // Radiat. Meas. - 2007. №42.- P. 1049-1052.

9 Zhumadilov K, Ivannikov A., Zhumadilov Z., Stepanenko V., Apsalikov K., Rodzi M., Zhumadilova A., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Okamoto T. and Hoshi M. ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan // Radiat. Environ. Biophys. - 2009 - №48. - P. 419-425.

10 Ivannikov, A.I., Sanin, D., Nalapko, M., Skvortsov, V.F., Stepanenko, V.F., Tsyb, A.F., Trompier, F., Zhumadilov, K., Hoshi, M. Dental enamel EPR dosimetry: comparative testing of the spectra processing methods for determination of radiation - induced signal amplitude. // Health-Phys. -2010. - №98 - P. 345-351.

11 Zhumadilov K., Ivannikov A., Stepanenko V., Toyoda S., Zhumadilov Z. and Hoshi M. ESR dosimetry study of population in the vicinity of the Semipalatinsk Nuclear Test Site // J. Radiat. Res. - 2013. - №54. - P. 775-779.

12 Вилков Л.В., Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. Резонансные и электрооптические методы: Учеб. для хим. спец. вузов. / Л.В. Вилков, Ю.А. Пентин.- М.:Высш. шк., 1989.-288 с.

13 Chumak V., Baran N., Bugay A. et al. The First International Intercomparison of EPR-Dosimetry with Teeth // First Results: Book of Abstracts, 4-th International Symposium on ESR Dosimetry and Applications, Munich, Germany, 1995. - Munich, 1995- P.15-19.

14 Ivannikov A.I., Skvortsov V.G., Stepanenko V.F., Zhumadilov K.Sh. Comparative analysis between radiation doses obtained by epr dosimetry using tooth enamel and established analytical methods for the population of radioactively contaminated territories // Radiat. Prot. Dosim. - 2014. - №159. - P. 125-129.

Қ.Ш. Жұмадилов, Б.К. Абышев, И.С. Оразалина, Ж.Қ. Иса

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Тіс эмалін ЭПР әдісімен зерттеу арқылы уранөндіруші кәсіпорын қызметкерлерінің ішкі альфа-сәулелену дозасын бағалау

Аннотация: Бұл мақала "Ядролық физика" мамандығының PhD докторы дәрежесін алу мақсатында жүргізілген диссертациялық зерттеудің тақырыбына арналған. Мақалада радиоактивті сәулеленудің бөлігі болып табылатын ішкі альфа-сәулеленудің, сонымен қатар жеке мөлшерді ретроспективті бағалауға жататын әдістердің бірі - тіс эмалы бойынша ЭПР спектроскопияның маңыздылығы көрсетілген. Осы мақаланың мақсаты уран өндіретін кәсіпорын қызметкерлеріне радиациялық әсер етуді анықтау мақсатында деректерді алу үшін таңдалған әдістің мүмкіндіктерін сипаттау болып табылады. Уран өндіретін кәсіпорын қызметкерлері үшін ретроспективті мөлшерді бағалау өзекті мәселе болып есептеледі, себебі радиациялық сәулеленудің медициналық зардабын болжау мүмкіндігі болу үшін радиациялық әсер қауіпін бағалау қажет. Альфа бөлшек ауыр, дегенмен кішігірім өткізу қабілеттілігіне ие. Алайда, адам ағзасы үшін үлкен қауіп ішкі сәулеленуден болады. өйткені сәулелену бүлдіру, мутация және азғыруға әкеп соғатын адам ағзасы мен ұлпасына қуатты энергетикалық әсер тигізеді. Осыған орай, ішкі альфа-сәулелену мөлшерін бағалау басым бағыт болып табылады.

Түйін сөздер: Ішкі альфа-сәулелену, тіс эмалі, ЭПР спектроскопия, сәулелену дозасы, дозиметрия, алдын алу әрекеті.

К.Ш. Zhumadilov, B.K. Abyshev, I.S. Orazalina, Zh.K. Isa

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Estimates of doses of internal alpha-irradiation of uranium mining enterprise personnel by using EPR spectroscopy of tooth enamel

Abstract: This article is devoted to the topic of dissertational research for the PhD degree of a doctor in the specialty "Nuclear Physics". In the article the significance and contribution of internal alpha irradiation as an integral part of radioactive irradiation is pointed out, as well as one of the methods relating to the retrospective estimation of the individual dose-EPR spectroscopy by tooth enamel. The purpose of this article is to describe the possibility of obtaining data by the selected method for determining the radiation impact on personnel of a uranium mining enterprise. Evaluation of the retrospective (related to the past) dose for personnel of the uranium mining enterprise is an urgent issue, as it is necessary to assess the risks of radiation exposure, in order to predict the medical consequences of radiation exposure. Alpha is a heavy particle, but has a small penetrating power. However, the greatest danger to human health is internal irradiation. The fact is that radiation has a powerful energy impact on organs and tissues, which leads to destruction, mutation and degeneration. Therefore, the assessment of doses of internal alpha radiation is a priority.

Key words: Internal alpha irradiation, enamel of teeth, EPR spectroscopy, radiation doses, dosimetry, preventive actions.

References

- 1 Bannikov Ju.A. Radiacija. Dozy, jeffekty, risk [Radiation Doses, effects, risk] (Mir, Moscow, 1990,79p.).
- 2 Akatov A.A., Korjakovskij Ju.S. Belous D.A. O radiacii [About radiation]. Available at: <http://www.russianatom.ru/information/> (accessed 10.12.2017)
- 3 Henning, G.H., Herr, W., Weber, E., Xirotiris, N.L., ESR- dating of the fossil hominid cranium from Petralona Cave, Greece, *Nature* **292** (5823), 533-536 (1981).
- 4 Tielewuhan E., Ivannikov A., Zhumadilov K., Nalapko M., Tikunov D., Skvortsov V., Stepanenko V., Toyoda Sh., Tanaka K., Endo S., Hoshi M. Spectra processing at tooth enamel dosimetry: analytical description of EPR spectrum at different microwave power *Radiation Measurements* **41** (3), 410-417 (2006).
- 5 Skvortsov V., Ivannikov A., Tikunov D., Stepanenko V., Borysheva N., Orlenko S., Nalapko M., Hoshi M. Considerations Regarding the Implementation of EPR Dosimetry for the Population in the Vicinity of Semipalatinsk Nuclear Test Site Based on Experience from Other Radiation Accidents *Journal of Radiation Research* **47** (Suppl - A), 61-69 (2006).
- 6 Zhumadilov K., Stepanenko V., Ivannikov A., Zhumadilov Z., Toyoda S., Tanaka K., Endo S. and Hoshi M. Measurement of absorbed doses from X-ray baggage examinations to tooth enamel by means of ESR and glass dosimetry [*Radiation and Environmental Biophysics*] **47** (4), 541-545 (2008).
- 7 Chumak, V., Sholom, S., Pasalkaya, L. Application of high precision EPR dosimetry with teeth for reconstruction of doses to Chernobyl populations. *Radiation Protection Dosimetry*, **84** (1 - 4), 515-520 (1999)
- 8 Zhumadilov K., Ivannikov A., Apsalikov K., Zhumadilov Zh., Stepanenko V., Skvortsov V., Berekenova G., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Miyazawa C. and Hoshi M. Results of tooth enamel EPR dosimetry for population living in the vicinity of the Semipalatinsk nuclear test site *Radiation Measurements* **42** (6 - 7), 1049-1052 (2007).
- 9 Zhumadilov K, Ivannikov A., Zhumadilov Z., Stepanenko V., Apsalikov K., Rodzi M., Zhumadilova A., Toyoda S., Endo S., Tanaka K., Okamoto T. and Hoshi M. ESR dosimetry study on population of settlements nearby Ust-Kamenogorsk city, Kazakhstan, *Radiation and Environmental Biophysics* **48** (4), 419-425 (2009).
- 10 Ivannikov, A.I., Sanin, D., Nalapko, M., Skvortsov, V.F., Stepanenko, V.F., Tsyb, A.F., Trompier, F., Zhumadilov, K., Hoshi, M. Dental enamel EPR dosimetry: comparative testing of the spectra processing methods for determination of radiation - induced signal amplitude *Health Physics* **98** (2), 345-351 (2010).
- 11 Zhumadilov K., Ivannikov A., Stepanenko V., Toyoda S., Zhumadilov Z. and Hoshi M. ESR dosimetry study of population in the vicinity of the Semipalatinsk Nuclear Test Site [*Journal of Radiation Research*] **54** (4), 775-779 (2013)

12 Vilkov L.V. Pentin Ju.A. Fizicheskie metody issledovaniya v himii. Rezonansnye i jelektroopticheskie metody [physical methods of research in chemistry. resonance and electrical methods.] (Vysshaja shkola, Moscow, 1989)

13 Chumak V., Baran N., Bugay A. et al. The First International Intercomparison of EPR-Dosimetry with Teeth. First Results: Book of Abstracts, 4-th International Symposium on ESR Dosimetry and Applications, Munich, 1995 - pp.15-19.

14 Ivannikov A.I., Skvortsov V.G., Stepanenko V.F., Zhumadilov K.Sh. Comparative analysis between radiation doses obtained by epr dosimetry using tooth enamel and established analytical methods for the population of radioactively contaminated territories, Radiation Protection Dosimetry, **159**(1-4),125-129 (2014).

Сведение об авторах:

Жұмадилов Қ.Ш. – Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының меңгерушісі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сатпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

Абышев Б.К. – Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының докторанты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сатпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

Оразалина И.С. – Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының магистранты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сатпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

Иса Ж.Қ. – Халықаралық ядролық физика, жаңа материалдар және технологиялар кафедрасының бакалавры, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. Сатпаев к. 2, Астана, Қазақстан.

Zhumadilov K.Sh. – Chief of the International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Abyshov B.K. – PhD student of the International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Orazalina I.S. – Master student of the International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Isa Zh.K. – Bachelor student of the International Department of Nuclear Physics, New Materials and Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, 2, Satpayev str., Astana, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 26.03.2018