

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.162.01  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ им. Г. И. БУДКЕРА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,  
подведомственного Минобрнауки России, по диссертации  
на соискание ученой степени кандидата (доктора) физико-  
математических (технических) наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 21.10.2021 № 8

О присуждении Зиновьеву Владимиру Георгиевичу, гражданину РФ  
ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Развитие нейтронных и радиохимических методик  
определения редких, рассеянных элементов в геологических образцах,  
исследования состава и его влияния на свойства высокочистых материалов»  
по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики  
принята к защите 30.06.2021 г., (выписка из протокола заседания № 6)  
диссертационным советом 24.1.162.01, созданным на базе Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им.  
Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук,  
подведомственного Минобрнауки России, 630090, г. Новосибирск, проспект  
академика Лаврентьева, 11, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк  
от 11.04.2012 г.

Соискатель Зиновьев Владимир Георгиевич, 12 декабря 1962 года рождения,  
работает ведущим научным сотрудником в Федеральном государственном  
бюджетном учреждении «Петербургский институт ядерной физики им. Б.П.  
Константина Национального исследовательского центра «Курчатовский  
институт».

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук  
«Нейтронно-активационный анализ теллурида марганца ртути и хвостов  
золотодобывающей промышленности» защитил в 2004 году, в диссертационном  
совете Д.015.15.02, созданном на базе Ташкентского Института ядерной физики  
Академии Наук Республики Узбекистан.

Диссертация выполнена в отделении нейтронных исследований в  
Федеральном государственном бюджетном учреждении «Петербургский институт  
ядерной физики им. Б.П. Константина Национального исследовательского  
центра «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

1. Семенов Валентин Георгиевич – доктор физико-математических  
наук, профессор, Институт химии СПбГУ, г. Санкт-Петербург, профессор  
кафедры аналитической химии;
2. Зубавичус Ян Витаутасович - доктор физико-математических  
наук, ФГБУН ФИЦ ИК СО РАН, г. Новосибирск, главный научный  
сотрудник отдела физико-химических методов исследования;

3. Скублов Сергей Геннадьевич – доктор геолого-минералогических наук, доцент, ФГБУН ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург, лаборатория геологии и геодинамики, главный научный сотрудник  
дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Акционерное общество «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», г. Санкт-Петербург в своем **положительном** заключении, подписанном доктором химических наук по специальности 02.00.14 – "Радиохимия", Смирновым Игорем Валентиновичем, ученым секретарем Радиевого института указала, что диссертационная работа полностью соответствует требованиям специальности 1.3.2 – "Приборы и методы экспериментальной физики". Работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к диссертациям, а соискатель достоин присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.2 – "Приборы и методы экспериментальной физики".

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 31 работу, включая 14 статей в изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования «Web of Science» и «Scopus», 11 статей в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, 1 свидетельство об аттестации методики выполнения измерений, 1 акт о внедрении. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Zinovyev V.G. Neutron activation analysis of the tagamite and suevite from the Kara astrobleme // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2016. V. 307, № 2. P. 1315–1324.

2. Zinovyev V.G. Instrumental and radiochemical neutron activation analysis of the quartz adularia veins from the deposit Milogradovka, the Far East, Primorye // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2017. V. 311, № 1. p. 141–153.

3. Zinovyev V.G. Study of the gadolinium sorption on the C100 ion-exchange resin for the development of the antineutrino detector targets // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2018 V. 315, №3, p. 459–473.

4. Mukhamedshina N.M., Mirsagatova A.A., Zinov'ev V.G. Determination of ZnSe(Te) stoichiometry and dopant content by X-ray analysis. // Journal of Radioanalytical and nuclear chemistry, 2005. V. 264, № 1. C. 97–100.

5. Sadikov I.I., Rakhimov A.V., Salimov M.I., Zinov'ev V.G. Neutron activation analysis of pure uranium: Preconcentration of impurity elements // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2009. V. 280, № 3. p. 489-493.

6. Зиновьев В.Г. Расчетные методы для нейтронно-активационного анализа больших образцов нефти // Атомная энергия, 2014. Т. 116, № 2. С. 89–94.

7. Serebrov A.P., Fomin A.K., Zinov'ev V.G. On the Possibility of Experimentally Confirming the Hypothesis of Reactor Antineutrino Passage into a Sterile State // Technical Physics Letters, Vol. 39, No. 7, 2013. P. 25–33.

8. Серебров А.П., Ивочкин В.Г., Самойлов Р.М., Фомин А.К., Зиновьев В.Г. Создание нейтринной лаборатории для проведения эксперимента по поиску стерильного нейтрино на реакторе СМ-3 // Журнал технической физики, Т. 85, № 12, 2015. С. 128–137.

9. Серебров А.П., Ивочкин В.Г., Самойлов Р.М., Фомин А.К., Зиновьев В.Г. Эксперимент Нейтрино-4 по поиску стерильного нейтрино с

многосекционной моделью детектора // Журнал технической физики, 2017, том 87, № 2, с. 294–300.

10. Mukhamedshina N., Zinov'ev V.G. Determination of impurities in technical cobalt by instrumental neutron activation analysis // Czechoslovak Journal of Physics, 2003. V. 53. С. 217–223.

11. Садыков И.И., Зиновьев В.Г. Нейтронно-активационный анализ теллурида марганца ртути // Журнал аналитической химии, 2005. Т. 60, № 10. С. 1064-1068.

12. Логинов Ю.Е., Зиновьев В.Г. Распад изомеров  $^{161m1,m2}\text{Dy}$  в условиях резонансного окружения (мессбауэровский экран) окружения // Ядерная физика, 2013. Т. 76, № 6. С. 715–718.

13. Zinov'ev V.G. The Neutron-Radiation Study of Kinetics and Thermodynamics of Gd Sorption on C100 for Creation a Target for the Electronic Antineutrino Detector // Physics of Atomic Nuclei, 2018, V. 81, No. 10, P. 1412–1425

14. Serebrov A.P., Ivochkin V.G., Samoilov R.M., Fomin A.K., Zinoviev V.G. New Results of Measurements in the Neutrino-4 Experiment Devoted to Searches for Sterile Neutrinos // Physics of Atomic Nuclei. V. 83, № 6, P. 930-936

15. IAEA TECDoc SERIES. Advances in Neutron Activation Analysis of Large Objects with Emphasis on Archaeological Examples. **IAEA-TECDoc-1838**.

16. Свидетельство об аттестации методики выполнения измерений. № 242/100-09 от 2009. СПб, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.

Вклад соискателя учёной степени в работы по теме диссертации является определяющим.

На диссертацию и автореферат поступил отзыв от доктора физико-математических наук, профессора кафедры аналитической химии, ведущего научного сотрудника института химии Санкт-Петербургского государственного университета **Семенова Валентина Георгиевича**.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Процесс сорбции гадолиния на сорбенте С100 описывается моделями кинетики химической реакции псевдопервого и псевдовторого порядка. Это означает, что химическая реакция участвует в процессе сорбции. Лимитирует ли химическая реакция процесс сорбции?

2. В Таблице 5.23 – «Термодинамические параметры сорбции  $\text{Gd}^{3+}$  в системе С100 –  $\text{H}_2\text{O}$ » два раза указано значение изменение энергии Гибса  $\Delta G_0 \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$  при одной и той же температуре 50° С. Если это были независимые измерения изменения энергии Гибса  $\Delta G_0$  при разных условиях, это надо было, указать в тексте. Если это были параллельные измерения, то их нужно было усреднить и указать одно значение.

3. При исследовании влияния окружения атомов, содержащих резонансные ядра, на вероятность перерассеяния кванта гамма-излучения в процессе распада без отдачи первого изомерного уровня  $^{161m1}\text{Dy}$  был построен график зависимости изменения наблюдаемого периода полураспада изомера  $^{161m1}\text{Dy}$  от массы стабильной добавки  $^{161}\text{Dy}_2\text{O}_3$ . Ни в подписи к рисунку ни в тексте не указана масса облученной мишени  $\text{Gd}_2\text{O}_3$  использованной в эксперименте.

4. Нет определения термина «фактор очистки».

5. Нет определения периода полусорбции.

Указанные замечания относятся к техническим проблемам и стилю изложения текста диссертации. Перечисленные недостатки не снижают научную ценность работы в целом.

На диссертацию и автореферат поступил отзыв от доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника лаборатории перспективных синхротронных методов исследования Федерального исследовательского центра «Института катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» **Зубавичуса Яна Витаутасовича**.

В отзыве указаны следующие замечания:

1) Выбранные автором структура диссертации (в частности, отсутствие Литературного обзора) и стиль изложения результатов (предельно сухой и лаконичный) не позволяют в полной мере оценить степень новизны и потенциал практической реализации полученных результатов. По каким элементам и благодаря каким оригинальным методическим приемам понижены пределы обнаружения? В автореферате диссертации (стр. 7) упоминается, что диссертационные результаты по главе 1 были использованы ВСЕГЕИ для оценки рентабельности месторождений нефти. Текст самой диссертации не содержит более развернутого описания практической пользы: какие элементы оказались релевантными маркерами, в каких диапазонах находятся их концентрации, целесообразна ли дальнейшая работа по расширению номенклатуры определяемых элементов и понижение пределов их обнаружения? Позволила ли установка фольг-мониторов в каналы реактора ВВР-М (глава 2) просто подтвердить результаты расчетов, либо дала дополнительную информацию для оптимизации геометрии каналов? Удалось ли разработать технологию извлечения золота и серебра из низкопроцентных «хвостов» горно-обогатительных комбинатов (глава 3)? Дошла ли до производителей устройств на базе монокристаллов теллурида марганца-ртути, селенида цинка, окисульфида гадолиния (глава 4) информация о микропримесном составе; оказалась ли она полезной для развития технологий этих изделий? Что из наработок диссертанта оказалось востребованным в проекте поиска нейтринных осцилляций (глава 5)?

2) Отсутствие общей методической части привело к появлению в тексте диссертации продублированных фрагментов. Так, например, схема ядерного распада  $^{199}\text{Pt}$  появляется на Рисунках 3.2 (стр. 61), 3.7 (стр. 66) и 3.17 (стр. 84), чего можно было бы избежать.

3) С учетом того, что диссертация представлена на соискание ученой степени доктора **технических** наук по специальности 01.04.01 – **Приборы** и методы экспериментальной физики в тексте диссертации недостаточное внимание уделено конструкции использованных приборов. Практически отсутствуют эскизы, оптические и электрические схемы приборов, фотографии узлов установок. Например, в ряде глав упоминаются быстрые схемы совпадений с нс-синхронизацией. На какой компонентной базе реализованы такие схемы? Потребовало ли выполнение работы внесение усовершенствований в них?

4) На стр. 80 диссертации аномалия в гравитационном аккумулировании в расплаве тагамита Карской астроблемы для брома объяснена летучестью последнего, хотя наиболее вероятная форма нахождения брома в минерале – бромид летучестью не обладает.

5) Не совсем корректной представляется фраза «анионные комплексы золота, платины и палладия в растворе легко восстанавливаются и выпадают в осадок в виде металла из-за местного перегрева раствора». Восстановление невозможно без присутствия химического восстановителя (в их качестве могут выступать следы органических веществ, катионы металлов в низших степенях окисления и пр.).

6) В тексте диссертации встречаются опечатки, терминологические неточности и оформительские погрешности. Так, Аргонская (Argonne) национальная лаборатория названа в нескольких местах диссертации и автореферата Арагонской. Из-за несоответствия содержания таблиц 2.12, 2.13, Рис. 2.28 и текста на стр. 56-57 непонятно, о каком химическом веществе меланине или меламине идет речь. Тетраэдрическое окружение названо тетрагональным. В нескольких местах порядковый номер элемента приводится как верхний индекс после символа элемента, хотя номенклатура требует нижнего левого индекса ( $^{24}_{11}Na$  вместо  $^{24}Na^{11}$ ). В подписях к осям на многих Рисунках в качестве десятичного разделителя используется «,» вместо «.».

Высказанные замечания не затрагивают сути и основных выводов и ни в коей мере не снижают высокую оценку диссертационной работы В.Г. Зиновьева.

На диссертацию и автореферат поступил отзыв от доктора геолого-минералогических наук, профессора, главного научного сотрудника лаборатории геологии и геодинамики института геологии и геохронологии докембрия Российской академии наук **Скуброва Сергея Геннадьевича**.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Замечания к используемым в работе геологическим и геохимическим терминам «рассеянные и редкие элементы» вынесенные в заголовок, как самой диссертационной работы, так и третьей главы. В данном контексте «рассеянные элементы» выглядят как «очень редкие элементы», что, строго говоря, не соответствует действительности. Действительно, рассеянные элементы – это разновидность редких элементов, но выделяющиеся не по уровню содержания, а по отсутствию способности образовывать собственные минеральные виды (фазы).

2. В обосновании актуальности темы написана фраза «все богатые месторождения уже разработаны...». Более уместно утверждение, «значительная часть крупных и уникальных месторождений уже выработаны ...».

3. В третьей главе упомянут адуляр. Адуляр не является строгим минералогическим термином, а скорее – неофициальное ювелирно-торговое название калиевого полевого шпата (ортоклаза).

4. В третьей главе утверждается, что «подтверждена гипотеза о минерализации Au, Pt, Ir, Re в импактных породах». Непонятно, то ли речь идет о том, что перечисленные элементы не рассеяны в породе, а образуют свои минеральные фазы, То ли подразумевается, что вместо самородной формы эти элементы стали изоморфно входить в другие минеральные виды.

Сделанные замечания не затрагивают фундаментальных научных выводов, сделанных в диссертации, и могут быть устраниены в дальнейшей работе.

На автореферат поступил отзыв от доктора физико-математических наук, руководителя лаборатории нейтронных физико-химических исследований ОНИ ОИКС НИЦ КИ-ПИЯФ **Лебедева Василия Тимофеевича**.

В отзыве указано следующее замечание:

– Недостатком автореферата можно считать слишком детальные формулировки выводов в заключении, которые следовало лучше структурировать. Однако это не снижает общего высокого уровня работы.

На автореферат поступил положительный отзыв от кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника ОНИ НИЦ КИ-ПИЯФ **Сыромятникова Владислава Генриховича**.

На автореферат поступил положительный отзыв от доктора химических наук, заведующей лабораторией физико-химических исследований наноматериалов Института геологии Карельского научного центра Российской академии наук **Рожковой Натальи Николаевны**.

На автореферат поступил положительный отзыв от доктора физико-математических наук, заместителя директора по научной работе «Федерального исследовательского центра «Красноярского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук» **Варнакова Сергея Николаевич**.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью и научными разработками в области физики, химии и геологии, в области физико-химических исследований состава вещества, значительным числом научных трудов, в том числе по рассматриваемым в диссертации проблемам.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** методики инструментального и радиохимического нейтронно-активационного определения следовых количеств определяемых элементов в образцах, матрица которых имеет большие сечения захвата нейtronов;

**предложена** методика измерения нейтронного спектра в зоне облучения образца с учетом температуры нейtronов, методика измерения депрессии нейтронов материалом образца; **предложена** расчетная методика измерения трехмерного распределения плотности потока нейтронов внутри большого образца; **предложена** методика учета вклада вторичного  $K_{\alpha}$  излучения более тяжелого элемента в возбуждение вторичного  $K_{\alpha}$  излучения более легкого элемента при возбуждении спектра образца внешним источником рентгеновского излучения; **предложены** ионообменные и экстракционные системы для количественного выделения определяемых элементов из растворов исследуемых образцов; **предложена** методика измерения зависимости наблюдаемого периода полураспада возбужденного изомерного уровня, распадающегося без отдачи в основное состояние, от количества стабильных резонансных ядер в ближайшем окружении;

**доказано** наличие эффекта перерассеяния гамма-кванта из распада изомера  $^{161m^1}\text{Dy}$  при увеличении концентрации резонансных ядер  $^{161}\text{Dy}$ , находящихся в основном состоянии; **доказана** возможность применения моделирования для учета эффекта депрессии нейтронного излучения в процедуре инструментального анализа больших образцов;

**введены** новые понятия – методика нейтронно-активационного анализа «больших образцов» и образцов с большим сечением захвата нейtronов.

### **Теоретическая значимость исследования** обоснована тем, что:

**доказаны** теоретические предположения Б.С. Джелепова, Мальмфорса (K. Malmfors), Илаковака (K. Ilakovac) о возможном перерассеянии кванта гамма-излучения из распада без отдачи изомерного уровня на резонансных ядрах; исследована кинетика, термодинамика, определен вклад химической реакции и лимитирующие стадии процесса сорбции гадолиния на сорбente C100;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы** ядерной спектроскопии, спектрометрии нейтронного и  $\gamma$ -излучений, метод Монте-Карло, метод «меченых нейtronов»; методы экстракционной и ионообменной хроматографии;

**изложены** основные критерии выбора оптимальных условий облучения, учета влияния матрицы образца, спектрального состава и плотности потока нейtronов в зоне облучения образца на результат анализа; **изложены** основные критерии выбора оптимальных условий для ионообменного и экстракционного выделения определяемых элементов из растворов сложного солевого состава; **изложены** методы исследования кинетики, термодинамики сорбции и методы оценки вклада химической реакции в процесс сорбции;

**раскрыто** влияние температуры нейtronов и замедлителя, а также матрицы образца на депрессию нейтронного поля в зоне облучения образца; раскрыт механизм, определены лимитирующие стадии массопереноса ионов определяемых элементов в ионообменных системах;

**изучено** влияние температуры нейtronов на жесткость тепловой составляющей нейтронного спектра; изучено влияние концентрации резонансных ядер  $^{161}\text{Dy}$  на величину наблюдаемого периода полураспада изомера  $^{161m^1}\text{Dy}$ ; изучена термодинамика сорбции, зависимость кинетики сорбции от концентрации кислот и ионообменное хроматографическое поведение элементов в системах на основе сорбентов AB17, A400, C100, экстрагента ТБФ и растворов кислот HCl, HBr и HNO<sub>3</sub> сложного солевого состава;

**Проведена модернизация** расчета сечений ядерных реакций радиационного захвата, упругого рассеяния, деления и потенциального рассеяния нейтрона на ядрах исследуемых элементов; модернизирована формула Вартанова для расчета эффективности регистрации детектора гамма-излучения от большого образца;

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что: методика нейтронно-активационного анализа больших образцов включена в сборник технической документации МАГАТЭ за 2018 год IAEA-TECDOC-1838 в качестве технического регламента по измерению радиоактивности и концентрации примесей в больших образцах; аттестована

методика измерения массовой доли Zn в пробах нефти методом НАА, свидетельство ВНИИМ № 242/100-09 от 14.12.2009;

**определенны** перспективы практического применения моделирования в практике абсолютного нейтронно-активационного анализа больших образцов и перспектив исследования кинетики и термодинамики сорбции ионов определяемых элементов в практике радиохимического нейтронно-активационного анализа;

**создана** система практических рекомендаций по спектрометрии нейтронного и гамма-излучений, по учету вклада депрессии нейтронного поля и самоэкранирования гамма-излучения материалом образца в результаты инструментального нейтронно-активационного анализа образцов с большим сечением захвата нейтронов;

**даны рекомендации** по определению оптимальных условий количественного ионообменного и экстракционного выделения определяемых элементов из кислых и нейтральных растворов;

**представлены** предложения по практическому использованию инструментального и радиохимического нейтронно-активационного анализа образцов с большим сечением захвата нейтронов для увеличения числа и улучшения пределов обнаружения следовых количеств определяемых элементов в образцах с сильнорадиоактивной матрицей;

**представлены** предложения по использованию сорбента С100 в Gd<sup>3+</sup> форме для регистрации электронного антинейтрино и исследования его осцилляций на коротких расстояниях от активной зоны реактора;

### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**экспериментальные работы** проводились на поверенном сертифицированном оборудовании; статистическая обработка подтверждает достоверность данных и их совпадение с теоретическими оценками ведущих специалистов; установлено хорошее совпадение результатов моделирования и эксперимента; достоверность результатов подтверждают результаты межлабораторных сравнительных анализов и применение аттестованных методик измерения;

**теория** Б.С. Джелепова., А.Н. Ораевского, Von V. Veisskopf о возможности переизлучения кванта гамма-излучения из распада без отдачи возбужденного изомерного состояния ядра в основное состояние в условиях резонансного окружения хорошо согласуется с экспериментально измеренной зависимостью наблюдаемого периода полураспада изомера <sup>161m1</sup>Dy от количества резонансных ядер <sup>161</sup>Dy в его ближайшем окружении.

**идея базируется** на анализе широкого круга практических задач, которые пришлось решать автору в процессе работы, обобщая передовой опыт в области нейтронной и гамма-спектрометрии, нейтронной физики и радиохимии.

**использованы** результаты межлабораторных сравнительных анализов выполненных в ФГУП «Дальгеофизика», ДВГИ ДВО РАН, в Воронежском Государственном университете, ИГЕМ РАН по определению содержания благородных металлов в руде Милоградовского месторождения; **использованы** результаты поисково-оценочных работ, организованных ЗАО «ПРИМОРЗОЛОТО» и ООО "ПОЛЯРГЕО" по анализу штуфных и бороздовых

проб для оценки рудоносности кварц-адулярных жил Милоградовского месторождения, тагамита и зювита из кратера Карского метеорита, диктионемовых сланцев Прибалтийско-Скандинавского сланцевого бассейна;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в опубликованных независимых источниках по данной тематике;

Сахно В.Г. Первые данные о находке самородной платины в породах золотосеребряного рудопроявления Милоградовской вулканоструктуры Южного Приморья (Россия). Доклады АН, 2014, Т. 454, № 5, с. 570–574.

Ивин В.В. Особенности размещения разнотипного по формационной принадлежности благороднометалльного оруденения Приморья и его ресурсный потенциал // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 8. – С. 80-88.

Ненахова Е.В. Минеральный состав руд и условия формирования кварцевых жил с золотосеребряной минерализацией Милоградовского рудопроявления (Приморский край). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2016. №4. С. 62-67.

Материалы Третьей Всероссийской конференции с международным участием "Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит". Владивосток, 20–23 сентября 2016 года:

Ненахова Е.В. Вещественный состав руд и условия формирования золотоносных кварцевых жил Милоградовского рудопроявления (Приморский край). С 354–357.

Фелофьянов Д.С. Геолого-структурная позиция золотосеребряного оруденения Милоградовского рудопроявления (Приморский край). С. 369–372.

Р.В. Русанов. К вопросу о геологическом строении рудоносных зон «Карлик» и «Южная» Милоградовского золотосеребряного рудопроявления (Приморский Край). С. 36-37.

**использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации, представительны выборочные совокупности собранных и смоделированных данных, обоснован выбор объекта и предмета исследования; информационную базу исследования составили материалы научных исследований, научная литература, материалы периодических изданий, патентная информация, сведения из сети Интернет.

#### **Личный вклад соискателя состоит:**

- в формулировании научных и технических задач исследования, в теоретическом и методическом обосновании путей их решения;
- в разработке изготовлении и монтаже экспериментальных установок;
- в сборе, накоплении, обработке и интерпретации экспериментальных данных;
- в аprobации результатов исследования, на российских и международных научных конференциях, на заседаниях ученого совета института;
- в подготовке основных публикаций по теме диссертации

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

д.ф.-м.н Багрянский Петр Андреевич «какие источники нейтронов были использованы при отработке методик нейтронно-активационного анализа?»

д.ф.-м.н Багрянский Петр Андреевич «по какому принципу вы оцениваете трехмерное пространственное распределение примесей в большом объекте?»

д.ф.-м.н. Шварц Борис Альбертович «каков механизм регистрации электронного антинейтрино в мишени детектора на основе сорбента С100 в Gd<sup>3+</sup> форме?»

д.ф.-м.н. Шварц Борис Альбертович «почему эффективности регистрации электронного антинейтрино на мишени детектора больше чем на сцинтилляторе BC525?»

д.ф.-м.н. Аржанников Андрей Васильевич «в чем преимущество ваших расчетов эффективных сечений и коэффициентов самоэкранирования нейтронов?»

Соискатель Зиновьев Владимир Георгиевич согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

В инструментальном и радиохимическом анализе образцов в качестве источника нейтронов использован ядерный реактор ВВР-М. Облучение образцов проводили общим потоком реакторных нейтронов в экспериментальных каналах активной зоны реактора. При разработке методики определения взрывчатых веществ в багаже авиапассажиров в качестве источника нейтронов с энергией 14 МэВ использован нейтронный генератор ИНГ27.

Трехмерное пространственное распределение примесей в большом объекте (атомов определяемых элементов в большом образце) в эксперименте оценивали по координаты точек рассеяния нейтрона на ядрах определяемых элементов. Координаты точек рассеяния нейтрона рассчитывали по скорости, координате, направлению, времени вылета нейтронов из генератора и времени регистрации  $\gamma$ -кванта детектором LYSO 50×50 мм. При этом считали, что нейтрон не меняет энергию (скорость 5 см/нсек) и направление движения до точки взаимодействия, а координаты, направление и время вылета нейтрона из генератора известны точно. Точность позиционирования нейтрона ограничивалась конструкцией встроенного в нейтронный генератор стрипового 64-секционного кремниевого  $\alpha$ -детектора и составила в эксперименте 2.5 см.

Механизм регистрации электронного антинейтрино в мишени детектора на основе сорбента С100 в Gd<sup>3+</sup> форме такой же, как и в сцинтилляторе BC525. Сорбент С100 представляет собой сульфированный сополимер стирола прошитый дивинил бензолом повышенной объемной емкости и представляет собой углеводородные цепочки что и в BC525. Плотность BC525 и С100 практически одинаковая поэтому термализация быстрого нейтрона из реакции взаимодействия электронного антинейтрино с протоном в них протекает одинаково. А термализованный нейтрон захватывается гадолинием сорбированным на сорбенте С100.

Эффективности регистрации электронного антинейтрино на мишени детектора больше чем на сцинтилляторе BC525 потому что концентрация ионов гадолиния на сорбенте на порядок больше чем в BC525. Повышенная концентрация гадолиния обеспечивает большую вероятность захвата нейтрона и соответственно большую вероятность его регистрации.

Преимущество расчетов эффективных сечений и коэффициентов самоэкранирования нейтронов в том что мы применили метод аппроксимации сечений, что дало возможность точнее рассчитать свертку функций сечения и спектра нейтронов, а также эффективные резонансные интегралы активации. А это в свою очередь увеличило чувствительность и точность разрабатываемых методик анализа.

На заседании 21.10.2021 диссертационный совет принял решение за развитие методик инструментального и радиохимического исследования состава вещества, за исследования в области спектрометрии нейtronного и гаммаизлучений и за исследования ионообменных и экстракционных процессов присудить Зиновьеву В.Г. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 доктора наук по специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 21, против 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.162.01

Левичев Евгений Борисович

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.162.01

Бурдаков Александр Владимирович

22. 10. 2021

