

«УТВЕРЖДАЮ»

Заместитель директора по научной работе  
Федерального государственного бюджетного  
учреждения «Петербургский институт  
ядерной физики им. Б. П. Константинова»  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»



В.В. Воронин

« 21 » 01 2021 г.

### ВЫПИСКА

из протокола заседания расширенного семинара отделения нейтронных исследований (ОНИ) Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

от 21 января 2020 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ: 56 человек (сотрудники лабораторий отдела нейтронной физики и сотрудники лабораторий отдела исследования конденсированного состояния)

#### СЛУШАЛИ:

Доклад руководителя группы ядерной спектроскопии и активационного анализа Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Зиновьева В.Г. по материалам его диссертации **«Развитие нейтронных и радиохимических методик определения редких, рассеянных элементов в геологических образцах, исследования состава и его влияния на свойства высокочистых материалов»**, представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.01 – "Приборы и методы экспериментальной физики".

В обсуждении диссертационной работы Зиновьева В.Г. приняли участие: к.т.н. Алексеев И.А., к.т.н. Башаричев А.В., д.ф.-м.н. Воронин В.В., д.ф.-м.н. Григорьев С.В., к.ф.-м.н. Демидов Ю.А., д.ф.-м.н. Дербин А.В., к.ф.-м.н. Ежов В.Ф., к.т.н. Иванов Е.М., Илатовский В.А., д.ф.-м.н. Ким В.Т., к.т.н. Коноплев К.А., д.ф.-м.н. Курбаков А.И., д.ф.-м.н. Лебедев В.Т., к.т.н. Максимов В.И., д.ф.-м.н. Митропольский И.А., д.ф.-м.н. Новиков Ю.Н., к.ф.-м.н. Онегин М.С., к.ф.-м.н. Пантелеев В.Н., к.ф.-м.н. Пирожков А.Н., к.ф.-м.н. Рунов В.В., член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н. Серебров А.П., Смольский С.Л., к.т.н. Соловей В.А., к.ф.-м.н. Тарнавич В.В., д.ф.-м.н. Федоров В.В., к.т.н. Фридман С.Р., к.ф.-м.н. Черненко Ю.П. и другие.

С заключительным словом выступил доктор физико-математических наук, профессор Федоров В.В., председатель ученого совета ОНИ: «Учитывая актуальность темы, ее научную новизну, личный вклад соискателя в выполненную работу, а также научную значимость полученных результатов, предлагаю рекомендовать диссертационную работу Зиновьева В.Г. к защите на соискание ученой степени доктора технических наук».

Заслушав и обсудив доклад Зиновьева В.Г., семинар единогласно принял следующее заключение:

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационного исследования автор провёл исследования различных явлений возникающих при реакторном облучении и регистрации аналитического гамма-излучения исследуемых образцов:

- изучение влияния температуры нейтронов и замедлителя на параметры нейтронного поля в зоне облучения образца,
- моделирование методом Монте-Карло распределения нейтронного поля в больших образцах,
- оценка влияния матрицы образца с большим сечением захвата нейтронов на возмущение и самоэкранирование нейтронного потока.

Экспериментальная часть диссертации заключается в исследовании кинетики и термодинамики сорбции и ионообменного поведения редких, рассеянных элементов, в том числе Au, Ag, Pt, Pd, Ir, Re, Gd в ионообменных и экстракционных системах для определения оптимальных условий выделения и количественного определения этих элементов в геологических образцах и высокочистых материалах.

Исследовано влияние резонансного окружения на наблюдаемое значение периода полураспада изомерного уровня  $^{161m}\text{Dy}$ .

### ЛИЧНОЕ УЧАСТИЕ АВТОРА В ПОЛУЧЕНИИ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ИЗЛОЖЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Вклад автора в получение научных результатов, лежащих в основе диссертации, является определяющим. Автор проводил теоретические исследования явлений возмущения, самоэкранирования и депрессии нейтронного поля возникающего при внесении в него объемных образцов с большим сечением захвата нейтронов. Рассчитаны и экспериментально измерены коэффициенты депрессии нейтронного потока, определен вклад эффекта Комптона в эффективность регистрации детектора. Разработана методика идентификации, количественного определения и оценки трехмерного пространственного распределения примесей в большом объекте. Измерены кинетические и термодинамические константы сорбции определяемых элементов в ионообменных системах на основе сорбентов А400, АВ-17, С100 и растворов HCl. Автором разработана расчетная методика нейтронно-активационного анализа больших образцов нефти. Создана мишень детектора регистрации электронного антинейтрино с эффективностью регистрации в 10 раз больше чем у сцинтиллятора ВС-525.

### СТЕПЕНЬ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Достоверность результатов обеспечена применением надежных физико-химических методов исследования. Статистическая обработка полученных данных показала высокую повторяемость и хорошее совпадение некоторых результатов с опубликованными теоретическими прогнозами ведущих специалистов в области ядерной и нейтронной физики. Достоверность результатов подтверждается результатами межлабораторных сравнительных исследований состава геологических образцов (ПИЯФ, ВНИИМ, ДВГИ ДВО РАН, ИГЕМ РАН). Во ВНИИМ им Д.И. Менделеева аттестована методика выполнения измерений массовой доли цинка в пробах нефти методом нейтронно-активационного анализа.

Результаты исследований, представленные в диссертации, докладывались и обсуждались на следующих международных и Российских научных конференциях:

1. 11 международная конференция «Ядерная и радиационная физика», Алматы, 12–15 сентября 2017;
2. Международная конференция «Ядро-2017», Алматы, 12-15 сентября 2017;

3. 8 Евразийская научно-практическая конференция, «Ядерная наука и ее применение», Алматы, 12–15 сентября 2017;
4. Научно-практическая конференция, «Радиационные технологии. Ядерная медицина», НИИТФА, Кыргызская Республика, 11–13 октября 2016;
5. 10 международная конференция «Ядерная и радиационная физика», Курчатов, Республика Казахстан, 8–11 сентября 2015;
6. 2-я конференция, «Радиационные технологии: достижения и перспективы развития», Ялта, ОАО «НИИТФА», 21–23 октября 2014;
7. «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике»,
8. 16 международная научно-практическая конференция, СПб, 5–6 декабря 2013;
9. 14 международная научно-практическая конференция, Санкт Петербург, 4–5 декабря 2012; «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике»,
10. Международная научная конференция, «Исследовательские реакторы в разработке ядерных технологий нового поколения и фундаментальных исследованиях», ГНЦ НИИАР, Димитровград, Россия, 5–9 декабря 2011;
11. 8 международная конференция «Ядерная и радиационная физика», Алматы, 20–23 сентября 2011;
12. 9-я международная конференция, «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике», Санкт Петербург, 22–23 апреля 2010;
13. Совещание МАГАТЭ "Application of Large Sample Neutron Activation Analysis Techniques for Inhomogeneous Bulk Archaeological Samples and Large Objects", Вена, 19–23 января 2009;
14. Совещание МАГАТЭ "Application of Large Sample Neutron Activation Analysis Techniques for Inhomogeneous Bulk Archaeological Samples and Large Objects", Делфт, Нидерланды, 17–21 мая 2010;
15. The 10th conference modern trends in activation analysis, USA, Maryland, 19–23 Apr 1999;
16. The 4th international conference on modern problems of nuclear physics, Tashkent, Sept. 2001;
17. The 14th radiochemical conference, Marignske Lazlo, 14–19 апреля 2002;
18. The third conference "Radioisotopes and their applications", Tashkent, 8–10 October 2002;
19. 15 международная конференция "Современные проблемы ядерной физики", Самарканд, 12–15 августа, 2003.

Эти результаты также рассматривались на заседаниях расширенного семинара отделения нейтронных исследований ПИЯФ.

### НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В области спектрометрии нейтронов рассчитан вклад температуры нейтронов и температуры замедлителя в результаты инструментального нейтронно-активационного анализа. Для растворов сложного солевого состава геологических образцов исследована кинетика сорбции и ионообменное поведение Au, Ag, Pt, Re, Ir и ещё 20 элементов в ионообменных системах на основе сорбентов А400 и С100 в растворах HCl а так же в экстракционной системе трибутилфосфат – раствор HBr.

Измерен вклад продуктов деления  $^{235}\text{U}$  и  $^{239}\text{Np}$  в результат радиохимического анализа чистого урана. Измерено содержание элементов из состава продуктов деления  $^{235}\text{U}$  (Mo, Ce, Se, Eu, Gd, Tb) в образцах чистого урана. Для растворов сложного солевого состава высокочистых полупроводниковых монокристаллов типа  $\text{A}_2\text{V}_6$  исследовано ионообменное поведение Hg, Te, Sb, J и 26 элементов в анионообменной хроматографической системе сорбент АВ-17–раствор HCl.

Исследована кинетика и термодинамика сорбции  $\text{Gd}^{3+}$  на сорбенте С100 из водных и солянокислых растворов, определены лимитирующие стадии процесса при создании мишени

детектора электронного антинейтрино. Экспериментально установлено, что  $\gamma$ -квант из распада без отдачи изомерного уровня в основное состояние может многократно рассеиваться на резонансных ядрах в образце мишени детектора электронного антинейтрино и приводит к наблюдаемому увеличению времени жизни изомера.

## ЗНАЧЕНИЕ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ

Диссертация затрагивает фундаментальные вопросы исследования распада возбужденных мессбауэровских ядер в условиях резонансного окружения, вопросы спектрометрии нейтронного, гамма и рентгеновского излучений. В диссертации исследованы кинетика и термодинамика массопереноса элементов в ионообменных и экстракционных системах. Полученные данные могут быть использованы в решении фундаментальных задач ядерной и нейтронной физики, ядерной спектроскопии и аналитической химии.

1. Расчет жесткости тепловой составляющей нейтронного спектра с учетом температуры нейтронов увеличил точность результатов абсолютного инструментального нейтронно-активационного анализа. Учет вклада эффекта Комптона в формуле Вартанова увеличил точность расчета эффективности регистрации планарного HPGe детектора.

2. Проведен входной контроль сырья и готовых изделий при выращивании монокристаллов типа  $A_2B_6$ , (институт Монокристаллов, Харьков) сцинтилляционных керамик  $Gd_2O_2S(Pr,Ce)$  (ГОИ, СПб).

3. Использование больших образцов нефти увеличило количество определяемых элементов в 3 раза и улучшило их пределы обнаружения на 1–2 порядка. Результаты анализа больших образцов нефти использованы ВСЕГЕИ для оценки рентабельности и приоритета разработки 100 месторождений восточной Сибири. Аттестована методика измерения массовой доли Zn в пробах нефти методом НАА, свидетельство ВНИИМ №242/100-09 от 14 12 2009г. Впервые измерено трехмерное распределение взрывчатых веществ в больших объектах с разрешением  $\pm 2.5$  см и вероятностью обнаружения 90 %. Создана установка контроля багажа на наличие взрывчатых веществ (РАТЭК).

4. Измерено содержание Au, Pt, Re, Ir, Ag в образцах Милоградского месторождения. Месторождение стало четвертым в мире эпитермальным Au-Ag месторождением с платиновой минерализацией, что является уникальным геологическим явлением. Подтверждена гипотеза геологов о формировании минералов Au, Ag, Pt, Pd, Ir, Re в импактных породах. Определено содержание Au и Ag в хвостах Алмалыкского и Чадакского ГОК прошедших стадию цианирования и извлечения. Установлено что при обработке хвостов СВЧ полем железа, ассоциированное с Au и Ag, переходит в ферромагнитное состояние  $Fe_3O_4$ . После обработки хвостов СВЧ полем в магнитной фракции содержание Au и Ag увеличивалось в 10 раз.

5. Впервые с помощью нейтронно-активационного анализа определены примеси входящие в состав продуктов деления  $^{235}U$  в образцах чистого урана.

6. Создана мишень детектора  $\tilde{\nu}_e$  (нейтрона) которая имеет в 8 раз большую эффективность регистрации нейтрона чем жидкий сцинтиллятор BC-525 того же размера.

7. Исследован элементный состав сцинтилляционной керамики  $Gd_2O_2S:Pr,Ce$ . Установлено, что уменьшение концентрации Ce в  $Gd_2O_2S:Pr,Ce$  приводит к увеличению светового выхода рентгеновской люминесценции с  $\lambda_{max} = 513$  нм. Максимальный световой выход  $\sim 40$  %, относительно CsJ:Tl, соответствует концентрации Ce  $10^{-5}$  %. Легирование тербием до  $10^{-6}$  % снижает послесвечение до 0.05 % после 5 мс и 0.001 % после 500 мс.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты могут быть применены при развитии новых методов входного контроля и арбитражных методов анализа сырья и готовых изделий. Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в

исследованиях состава новых технологических материалов и оценки влияния элементного свойства примесей на свойства этих материалов.

## СПЕЦИАЛЬНОСТЬ, КОТОРОЙ СООТВЕТСТВУЕТ ДИССЕРТАЦИЯ

Диссертация соответствует специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

## ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В РАБОТАХ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ

Основные результаты представлены в тридцати трёх публикациях:

### Публикации Web of Science

1. Zinovyev V.G. Neutron activation analysis of the tagamite and suevite from the Kara astrobleme // *Journal Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2016. V. 307, № 2. С. 1315–1324.
2. Zinovyev V.G., Ablesimov N.E., Egorov A.I. 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., Mitropolsky I.A., Shulyak G.I. 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 radioanalytical and nuclear chemistry*, 2005. V. 264, № 1. С. 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. С. 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. Зиновьев В.Г. Расчет температуры нейтронов в канале реактора ВВР-М на базе программного пакета Maple // *Известия РАН. Серия физическая*, 2009. Т. 73, № 4. С. 544–546.
8. 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, July 2013. pp. 25–33.
9. 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.
10. А.П. Серебров, В.Г. Ивочкин, Р.М. Самойлов, А.К. Фомин, В.Г. Зиновьев. Эксперимент Нейтрино-4 по поиску стерильного нейтрино с многосекционной моделью детектора. *Журнал технической физики*, 2017, том 87, вып. 2, с. 294–300.
11. А. П. Серебров, В. Г. Ивочкин, Р. М. Самойлов, А. К. Фомин, А. О. Полюшкин, В. Г. Зиновьев. Первое наблюдение эффекта осцилляций в эксперименте Нейтрино-4 по поиску стерильного нейтрино. *Письма в ЖЭТФ*, 2019, том 109, вып. 4, с. 209–218
12. Л. А. Аксельрод, С. Е. Белов, Г. П. Диденко, В. Г. Зиновьев. Сравнение потоков нейтронов, измеренных с помощью <sup>3</sup>He-пропорциональных газовых детекторов и рассчитанных с помощью пакета PHITS. *Известия РАН. Серия физическая*, 2020, том 84, № 8, с. 1094–1097.
13. V.G. Zinov'ev. *Advances in Neutron Activation Analysis of Large Objects with Emphasis on Archaeological Examples. Results of a Coordinated Research Project. IAEA technology documentation series, TECDOC-1838, ISSN 1011-4289; ISBN 978-92-0-100618-9; 2018, v. 1838, p 74.*

### Публикации Scopus

14. 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.
15. Садыков И.И., Зиновьев В.Г., Садыкова З.О. Нейтронно-активационный анализ теллурида марганца ртути. // Журнал аналитической химии, 2005. Т. 60, № 10. С. 1–5.
16. 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.
17. Zinov'ev V.G., Mitropolsky I.A., Shulyak G.I., Sushkov P.A.. 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, Vol. 81, No. 10, pp. 1412–1425

#### **Перечень публикаций в рецензируемых научных изданиях ВАК**

18. Zinovyev V.G. Monte-carlo technique for calculation of thermal and epithermal neutron flux density distribution in the large cylindrical samples by using endf files // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике: Сборник статей 14 международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012. Т. 2. С. 146–154.
19. Зиновьев В.Г., Логинов Ю.Е., Шуляк Г.И. Определение вольфрама и натрия в образцах молибдена обогащенного на 98,61% стабильным изотопом  $^{98}\text{Mo}$ . // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике: Сборник статей 14 международной, научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2012. Т. 1. С. 260–265.
20. Зиновьев В.Г. Применение расчетных методов для разработки инструментальной методики нейтронно-активационного анализа больших образцов сырой нефти. // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике: Сборник статей 15 международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013. Т. 1. С. 104–116.
21. Зиновьев В.Г., Логинов Ю.Е., Шуляк Г.И. Нейтронно-активационный анализ сцинтилляционной керамики  $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Pr}$  // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике: Сборник статей 16 международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2013. Т. 1. С. 78–85.
22. Иванов В.В., Зарубина Н.В., Зиновьев В.Г. Сравнительная оценка содержания рения в углеродосодержащих горных породах методами масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и инструментального нейтронно-активационного анализа // ВАНТ Серия: Ядерно-реакторные константы, 2015. № 5. С. 50–59.
23. Серебров А.П., Васильев А.В., Варламов В.Е., Гельтенборт П., Гриднев К.А., Зиновьев В.Г. "Реактор ПИК и программа исследования фундаментальных взаимодействий" // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 4., Т. 2 (60), № 4, 2015. С. 309–318.
24. Zinov'ev V.G., Martynov V.V., Loginov Yu.E. Neutron activation analysis of large crude oil samples. // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности: Сборник трудов 9 международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. Т. 4. С. 228–234.
25. Зиновьев В.Г. Инструментальный нейтронно-активационный анализ сырой нефти // Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности: Сборник статей 12 международной научно-практической конференции. С.-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2011. Т. 1. С. 271–275.
26. Zinovyev V.G., Lebedev V.T., Mitropolsky I.A., Shulyak G.I. Евразийский Союз Ученых. Determination of lanthanides and 3d metals in endometallofullerenes water solutions by X-ray fluorescence spectrometry 2019 T. 65 (8). С. 40–44

#### **Прочие публикации**

27. Mukhamedshina N.M., Mirsagatova A.A., Zinov'ev V.G. Account of secondary excitation in X-ray analysis of some alloys. // Uzbek Journal of Physics, 2000. V. 2, № 4. С. 339–342.

28. Zinov'ev V.G. Determination of Co, Mn, Ta, Se, Au contents for absolute activity of the Fe monitor. // Uzbek Journal of Physics, 2000. V. 5, № 1. С. 72–74.
29. G.V. Zinovyev. Absolute Neutron Activation Analysis Technique of a Large Crude Oil Sample // World Journal of Nuclear Science and Technology, 2013. V. 3, № 4. С. 136-142.
30. Zinovyev V.G., Mitropolskiy I.A., Loginov Yu.E. Determination of Major, Minor and Trace Element Compositions of the Gd<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S:Pr,Ce Scintillation Ceramics with Neutron Activation Analysis // World Journal of Nuclear Science and Technology, 2014. V. 4, № 3. С. 139–147.
31. Zinovyev V.G., Serebrov A.P., Mitropolskiy I.A. Evaluation of Natural Radioactivity Levels for Structural Material Used in the Construction of the Neutrino Detector // World Journal of Nuclear Science and Technology, 2015. № 5. С. 43–56.
32. Зиновьев В.Г., Егоров А.И. Инструментальное и радиохимическое нейтронно-активационное определение Pt, Pd, Re, Ir, Au и других элементов в геологических образцах Карской астроблемы // ВАНТ, Техническая физика и автоматизация, 2015. № 71. С. 49–64.

**Статьи в сборниках трудов конференций**

33. Зиновьев В.Г., Шуляк Г.И. Нейтронно-активационный анализ больших образцов нефти. // Ядерная и радиационная физика: материалы 8-ой международной конференции. Алматы, Казахстан: Издательство Института ядерной физики НЯЦ РК, 2011г. С. 321–323.

**Объекты интеллектуальной собственности**

1. Свидетельство об аттестации методики выполнения измерений. №242/100-09 от 14 12 2009г. Санкт-Петербург, ВНИИМ им. Д.И. Менделеева.
2. Advances in Neutron Activation Analysis of Large Objects with Emphasis on Archaeological Examples. Достижения в нейтронно-активационном анализе больших объектов с акцентом на археологические образцы. Серия технической документации МАГАТЭ, IAEA-TECDOC-1838, ISBN 978–92–0–100618–9. Дата издания, март 2018г.

Тема диссертации утверждена на заседании расширенного семинара отделения нейтронных исследований ПИЯФ.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

Рекомендовать диссертацию Зиновьева В.Г. **«Развитие нейтронных и радиохимических методик определения редких, рассеянных элементов в геологических образцах, исследования состава и его влияния на свойства высокочистых материалов»**, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики, к защите на заседании диссертационного совета Д.003.016.03 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Председатель Ученого совета ОНИ  
НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ,  
доктор физ.-мат. наук, профессор

Ученый секретарь ОНИ,  
кандидат физ.-мат. наук



В. В. Федоров

Ю. П. Черненко