

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.340.04,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.И.
ЛОБАЧЕВСКОГО», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12.12.2024 г., протокол заседания № 18

О присуждении Отопковой Полине Андреевне, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Изотопный анализ кремния и тетрафторида кремния, высокообогащенных по изотопу 28, методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой высокого разрешения», **в виде рукописи**, по специальности 1.4.2. – Аналитическая химия (химические науки) принята к защите 23.09.2024 (протокол заседания № 14) диссертационным советом 24.2.340.04, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», Российская Федерация, 603022, Нижегородская область, г. Нижний Новгород, проспект Гагарина, д. 23 (приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель – Отопкова Полина Андреевна, 20 июня 1991 года рождения. В 2014 году соискатель окончила специалитет химического факультета федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по специальности «Химическая технология монокристаллов, материалов и

изделий электронной техники», диплом о высшем образовании № 105204 0002252.

В 2019 году соискатель окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения науки «Института химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», диплом об окончании аспирантуры от 03.07.2019 № 105204 0020222.

В период подготовки диссертации с 2015 по 2019 год работала в лаборатории физических методов исследования высокочистых веществ, с 2020 года по настоящее время работает в лаборатории аналитической химии высокочистых веществ в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории аналитической химии высокочистых веществ в федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук».

Научный руководитель – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории аналитической химии высокочистых веществ федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт химии высокочистых веществ им. Г.Г. Девярых Российской академии наук» Потапов Александр Михайлович.

Официальные оппоненты:

1. **Сапрыкин Анатолий Ильич**, доктор технических наук, главный научный сотрудник, руководитель центра коллективного пользования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук»;

2. **Карандашев Василий Константинович**, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель Аналитического

сертификационного испытательного центра Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем технологии микроэлектроники и особо чистых материалов РАН»

дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Салют», г. Нижний Новгород, в своем положительном отзыве, подписанном Оболенским Сергеем Владимировичем, доктором технических наук, профессором, ведущим научным сотрудником акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Салют», Котковым Анатолием Павловичем, кандидатом химических наук, начальником НПО МЭТ акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Салют», Гришновой Натальей Дмитриевной, кандидатом химических наук, начальником отдела НПО МЭТ акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Салют», указала, что диссертация Отопковой Полины Андреевны на тему «Изотопный анализ кремния и тетрафторида кремния, высокообогащенных по изотопу 28, методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой высокого разрешения» соответствует паспорту специальности 1.4.2. – Аналитическая химия (химические науки) по следующим пунктам: п.2. «Методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др)», п.4. «Методическое обеспечение химического анализа», п.9. «Анализ неорганических материалов и исходных продуктов для их получения». По актуальности, поставленной цели, научной новизне, практической значимости результатов диссертация П.А. Отопковой на тему «Изотопный анализ кремния и тетрафторида кремния, высокообогащенных по изотопу 28, методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой высокого разрешения» соответствует всем требованиям к кандидатским диссертациям положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением

Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции. Автор диссертации, Отопкова Полина Андреевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе 11 работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы.

Недостовверные сведения в списке трудов, об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Отопковой П.А. отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Статьи:

1. **Отопкова П.А.**, Потапов А.М., Сучков А.И., Буланов А.Д., Лашков А.Ю., Курганова А.Е. Изотопный анализ высокообогащенного кристаллического ^{28}Si и исходного $^{28}\text{SiF}_4$ методом масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой // Масс-спектрометрия. - 2018. - Т.15. - № 3. – С. 209-215.

2. Rienitz O., Pramann A., Vogl J., Lee K.-S., Yim Y.-H., Malinovskiy D., Hill S., Dunn P., Goenaga-Infante H., Ren T., Wang J., Vocke R.D., Jr, Rabb S.A., Narukawa T., Yang L., Mester Z., Meija J., Aref'ev D.G., Marchin V., Sharin A.G., Bulanov A.D., Potapov A.M., **Otopkova P.A.**, Kessel R. The comparability of the determination of the molar mass of silicon highly enriched in ^{28}Si : results of the CCQM-P160 interlaboratory comparison and additional external measurements // Metrologia. - 2020. - V.57. - № 6. - P. 065028.

3. **Отопкова П.А.**, Потапов А.М., Сучков А.И., Буланов А.Д., Лашков А.Ю. Применение внутреннего стандарта при изотопном анализе высокообогащенного “кремния-28” методом масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой // Аналитика и контроль. - 2021. - Т.25. - №2. – С. 98-109.

4. Трошин О.Ю., Буланов А.Д., Кириллов Ю.П., Потапов А.М., **Отопкова П.А.**, Созин А.Ю., Комшина М.Е., Игнатова К.Ф., Ермаков А.А. Получение высокочистого тетрахлорида кремния-28 из тетрафторида кремния-28 // Неорганические материалы. - 2022. - Т.58. - №8. – С. 884-890.

Тезисы докладов научных конференций:

1. **Отопкова П.А.** Изотопный анализ высокообогащенного тетрафторида кремния-28 методом ИСП МС высокого разрешения // XIX Всероссийская конференция молодых ученых-химиков, г. Нижний Новгород, 17-19 мая 2016 г, с. 197.

2. **Отопкова П.А.** Изотопный анализ высокообогащенного тетрафторида кремния-28 методом ИСП МС высокого разрешения // XX Всероссийская конференция молодых ученых-химиков, г. Нижний Новгород, 18-20 апреля 2017 г, с. 335.

3. Потапов А.М., **Отопкова П.А.**, Буланов А.Д. Изотопный анализ высокообогащенных стабильных изотопов кремния и германия методом МС-ИСП с использованием внутреннего стандарта // Третий съезд аналитиков России, г. Москва, 8-13 октября 2017 г, с. 97.

4. **Отопкова П.А.** Изотопный анализ высокообогащенного тетрафторида кремния-28 методом ИСП МС высокого разрешения с использованием метода внутреннего стандарта // XIV Российская ежегодная конференция молодых научных сотрудников и аспирантов «Физико-химия и технология неорганических материалов (с международным участием)», г. Москва, 17-20 октября 2017 г, с. 135-136.

5. **Отопкова П.А.** Исследование и устранение неспектральных помех при изотопном анализе $^{28}\text{SiF}_4$ методом ИСП-МС // XVI Всероссийская конференция и IX Школа молодых ученых «Высокочистые вещества и материалы. Получение, анализ, применение», г. Нижний Новгород, 28-31 мая 2018 г, с. 138.

6. **Отопкова П.А.**, Потапов А.М. Изотопный анализ обогащенного кремния-28 методом ИСП-МС высокого разрешения с использованием

внутреннего стандарта // III Всероссийская конференция по аналитической спектроскопии с международным участием, г. Краснодар, 29 сентября - 5 октября 2019 г, с. 35.

7. **Отопкова П.А.,** Потапов А.М. Применение традиционного метода внутреннего стандарта при изотопном анализе высокообогащенного “кремния-28” // XVII Всероссийской конференции и X Школы молодых ученых, г. Нижний Новгород, 7-9 июня 2022 г, с. 120.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

акционерного общества «Научно-производственное предприятие «Салют», ведущей организации. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В литературном обзоре не рассмотрены возможности масс-спектрометрии в тлеющем разряде для изотопного анализа обогащенного кремния. Может ли этот метод быть применен для данной цели?

2. В п. 3.1 приведены условия перевода кремния в раствор. Навеску кристаллического кремния растворяли в смеси азотной и фтористоводородной кислот. Однако, кремний при взаимодействии с фтористоводородной кислотой может образовывать летучий фторид SiF_4 . Насколько значимы были потери кремния в виде летучего фторида?

3. Для анализа растворов кремния автор использовал фтористоводородную кислоту, которая приводит к разрушению кварцевого стекла, из которого состоит горелка. Почему использовали именно кварцевую горелку?

4. В диссертации приведены результаты определения широкого круга примесей в используемых реактивах, но не сформулированы четкие требования к содержанию лимитируемых примесей.

Карандашева Василия Константиновича, кандидата химических наук, ведущего научного сотрудника, руководителя Аналитического сертификационного испытательного центра Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем технологии

микроэлектроники и особочистых материалов РАН», официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. В разделе 3.5 «Способы минимизации неспектральных помех» изучено влияние мощности генератора, потока аргона через распылитель, использования внешнего и внутреннего стандарта, содержания матричного кремния в растворе и времени распыления проб. Результаты этих исследований легли в основу оптимизированных настроек масс-спектрометра при проведении измерений изотопного состава. Однако, из текста диссертации осталось неясным - в чем же были отличия оптимизированных от стандартных настроек для Element 2.

Сапрыкина Анатолия Ильича, доктора технических наук, главного научного сотрудника, руководителя центра коллективного пользования Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт неорганической химии им. А.В. Николаева Сибирского отделения Российской академии наук», официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. Прежде всего, отмечу использование автором не имеющих смысловой нагрузки шаблонов, к сожалению часто встречающихся в диссертационных работах. Так первый пункт положений выносимых на защиту сформулирован – как «новый подход к измерению изотопного состава высокообогащенного “кремния-28”...». Такая формулировка не дает никакой полезной информации.

2. Масс-спектрометр «ELEMENT-2» в стандартном исполнении имеет три уровня разрешения по массам $M/\Delta M$: низкое 300, среднее 4000 и высокое 8000. В работе для устранения спектральных интерференций использовали нестандартное разрешение 4500, которое едва позволяет разделить наложение молекулярного иона $^{28}\text{Si}^1\text{H}$ на линию изотопа ^{29}Si (участок масс-спектра на рис. 3.5 получен при разрешении 4700). Возможно, правильное было бы использовать высокое разрешение 8000, ведь данный прибор имеет большой запас по чувствительности (до $n \cdot 10^{-7} \%$ и ниже). В этом случае

можно было бы использовать растворы с большей концентрацией «кремния 28» (до 50 мг/мл).

3. Достаточно странным выглядит использование в качестве внутреннего стандарта сурьмы – элемента существенно отличающегося от кремния по физико-химическим свойствам и потенциалу ионизации. Казалось бы, что наилучшим кандидатом для использования в качестве внутреннего стандарта является германий и возможная ошибка состояла в выборе 73 изотопа, имеющего низкую распространенность (7,80%), в то время как изотоп сурьмы 121 имеет распространенность 57,3 %.

4. В табл. 3.2. (стр. 50 диссертации) и таблице 1 (стр. 10 автореферата) приведены пределы обнаружения «примесных» изотопов кремния в реактивах, они полностью идентичны, тогда как в действительности распространенности изотопов ^{29}Si и ^{30}Si значительно различаются (4,7 % и 3,1 %)

5. При определении в кремнии и его тетрафториде использовали растворение в 1% HF, на каком основании был сделан вывод, что «в обоих случаях кремний находится в одной и той же форме H_2SiF_6 »?

6. Применима ли данная методика к анализу других обогащенных изотопов кремния?

Митина Александра Вячеславовича, кандидата химических наук, доцента, заведующего научно-исследовательской лабораторией хроматографии, масс-спектрометрии и элементного анализа Научно-исследовательского института химии Нижегородского государственного университета. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. К недостаткам данной работы можно отнести отсутствие в тексте автореферата основных параметров настройки масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой.

Акмалова Тимура Рикзаевича, кандидата химических наук, инженера 2 категории, сотрудника аналитической лаборатории акционерного общества «Научно-исследовательский институт научно-производственное объединение «Луч». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. На странице 10 приведена формула предела обнаружения изотопа кремния, где в знаменателе указан коэффициент чувствительности k^i i -го изотопа кремния. Неизвестно каким образом данный коэффициент рассчитывается.

2. В автореферате и в диссертации упоминается эффект «памяти», однако, данное явление не обсуждается более предметно и неизвестна его природа.

Фадеевой Дарьи Анатольевны, кандидата химических наук, научного сотрудника научно-исследовательского технологического отдела 95-20-2650 филиала Федерального государственного унитарного предприятия «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «Научно-исследовательский институт измерительных систем им. Ю.Е. Седакова». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. В качестве замечаний хочу отметить, что графики в автореферате небольшого размера и перегружены информацией. Также считаю, что на графиках стоило отметить меньшее количество точек для лучшего восприятия.

Дроздова Михаила Николаевича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудник Института физики микроструктур РАН, филиала ФГБУН «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. Из автореферата диссертации осталось неясным, достаточно ли для разделения линии изотопа ^{29}Si и линии ^{28}SiH в масс-спектре разрешения $R > 4000$, как указано на стр. 9.

2. В комментарии к рис.3 (стр.16), приведенном на стр.17, указывается, что на рис.3б в растворе ТМАН "интенсивности сигналов снижались более равномерно". Однако, на мой взгляд, разница в снижении интенсивности для

разных элементов стала более сильной, чем на рис.3а.

3. На стр.21 утверждается: "Хорошая согласованность изотопного состава исходного $^{28}\text{SiF}_4$ с результатами изотопного анализа целевого продукта свидетельствует об отсутствии значимого разбавления в технологической цепочке получения поликристаллического "кремния-28".

На мой взгляд, это утверждение следует обсудить более детально, поскольку вопросам изотопного разбавления посвящена не одна работа. См. например:

[1] Axel Pramann and Olaf Rienitz. Mass Spectrometric Investigation of Silicon Extremely Enriched in ^{28}Si : From $^{28}\text{SiF}_4$ (Gas Phase IRMS) to ^{28}Si Crystals (MC-ICP-MS). Analytical Chemistry, 2016

[2] N.V. Abrosimov и др. A new generation of 99.999% enriched ^{28}Si single crystals for the determination of Avogadro's constant. Metrologia 54 (2017) 599–609

В этих работах наблюдалось различие состава исходного $^{28}\text{SiF}_4$ и результатов для поли- и монокристаллов в процессах Charge 23 и Charge 24, что свидетельствовало об изотопном разбавлении на разной стадии.

4. В автореферате диссертации указана одна из работ, в которых получены основные результаты:

2. Rienitz O., ..., A. G., Bulanov A.D., Potapov A.M., Otopkova P.A. and Kessel R. / The comparability of the determination of the molar mass of silicon highly enriched in ^{28}Si : results of the CCQM-P160 interlaboratory comparison and additional external measurements. // Metrologia. 2020. V.57. № 6. P. 065028.

Одним из выводов этой работы является (стр.12):

However, the comparison of the results reported by ECP and IChHPS-RAS to the CCQM-P160 results showed that also sufficiently experienced external laboratories were able to measure consistent molar masses **although their uncertainties would not match the requirements of the XRCD method.**

Следует прокомментировать какая неопределенность здесь имеется в виду.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высоким профессионализмом и компетентностью в соответствующих отраслях науки, наличием у оппонентов и сотрудников ведущей организации современных публикаций в рецензируемых журналах. Оппоненты и сотрудники ведущей организации являются высококвалифицированными специалистами в научных областях, связанных с тематикой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработана** универсальная методика оперативного контроля изотопного состава газообразного $^{28}\text{SiF}_4$ и получаемого из него поли- и монокристаллического “кремния-28” на серийном одноколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой ELEMENT 2 с пределами обнаружения по изотопам $n \cdot 10^{-5}$ ат.%;

- **предложен** оригинальный подход к снижению систематических составляющих погрешности анализа с помощью метода внутреннего стандарта для учета матричного влияния и дрейфа сигнала во времени;

- **доказана** возможность определения изотопного состава высокообогащенного ($>99.995\%$) кремния на серийном одноколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой ELEMENT 2 в газообразном $^{28}\text{SiF}_4$ и кристаллическом “кремнии-28” с высокой точностью;

- **новых понятий и терминов введено не было.**

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано, что** применение нормировки на внутренний стандарт и оптимизация параметров анализа позволяют значительно повысить точность результатов определения изотопного состава обогащенного “кремния-28”;

- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

использован комплекс современных методов исследования, включающий масс-спектрометрию высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой, масс-спектрометрию с электронной ионизацией;

- **изложены** способы повышения точности результатов анализа при определении изотопного состава высокообогащенного “кремния-28”;

- **раскрыты** закономерности влияния атомной массы и потенциала ионизации на интенсивности сигналов элементов, выбранных в качестве внутреннего стандарта для изотопного анализа высокообогащенного кремния;

- **изучена** зависимость интенсивности сигналов изотопов кремния и элементов, выбранных в качестве внутреннего стандарта от концентрации матрицы кремния в растворе и от времени распыления раствора;

- **проведена модернизация** существующих представлений о выборе внутреннего стандарта для определения изотопного состава высокообогащенных образцов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **разработана** экспериментальная методика изотопного анализа с использованием внутреннего стандарта, позволяющая определять изотопный состав кремния и исходного терафторида, обогащенных изотопом – 28, с пределами обнаружения по «примесным» изотопам $n \cdot 10^{-5}$ ат.% на одноколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой;

- **определены** оптимальные параметры анализа, оптимальные концентрации исследуемых растворов и подходящий внутренний стандарт для достижения максимальной прецизионности результатов измерений при контроле изотопного состава высокообогащенного кремния;

- **создан** подход по применению метода масс-спектрометрии высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой для аналитического контроля

изотопного состава высокообогащенного кремния в газообразном $^{28}\text{SiF}_4$ и получаемом из него кристаллическом “кремний-28” с требуемыми метрологическими характеристиками;

- **представлены** предложения по выбору условий функционирования плазмы и детектирования сигналов, позволяющие исключить влияние всех спектральных помех при изотопном анализе кремния на масс-спектрометре высокого разрешения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** достоверность результатов подтверждается использованием наиболее чувствительных современных методов анализа, их воспроизводимостью, согласованностью с результатами, полученными в других научных группах;

- **теория** построена на достоверных, проверяемых данных и согласуется с ранее опубликованными в литературе результатами по теме диссертации;

- **идея базируется** на анализе и обобщении литературных данных и на накопленном к настоящему времени в лаборатории аналитической химии высокочистых веществ ИХВВ РАН опыте работы в области изотопного анализа высокообогащенных изотопов;

- **использован** комплексный подход к оценке неопределенности влияющих на результат факторов;

- **установлено**, что полученные автором результаты дополняют и расширяют сведения, имеющиеся в научной литературе;

- **использованы** современные методы физико-химического анализа: масс-спектрометрия высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой, масс-спектрометрия с электронной ионизацией.

Личный вклад соискателя состоит в проведении основной части изложенных в работе экспериментальных исследований, анализе, интерпретации и обработке полученных результатов, в анализе литературных данных, планировании экспериментов, оценке метрологических

характеристик полученных результатов. Обсуждение полученных результатов и оформление публикаций проводились при непосредственном участии автора.

В ходе защиты диссертации членами диссертационного совета критические замечания высказаны не были. Были заданы вопросы о возможности разрешения линии изотопа $^{29}\text{Si}^+$ и линии $^{28}\text{SiH}^+$ на масс-спектрометре ELEMENT 2, о разрешении используемого масс-спектрометра, об элементах, которые хуже всего определяются методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, о возможности использования других газов для создания индуктивно связанной плазмы и их отличиях от аргона, о возможности применения данной методики к другим высокообогащенным изотопам кремния, о возможности применения сурьмы в качестве внутреннего стандарта при изотопном анализе кремния на других масс-спектрометрах, об определении суммарного содержания кремния, о производстве и анализе высокообогащенного кремния для квантовых компьютеров, о названии международного проекта «Килограмм-3», о требованиях к содержанию примесей в высокообогащенном кремнии, о расчетах неопределенности типа А и неопределенности типа В.

Соискатель Отопкова П.А. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию, основанную на изученных литературных данных, личном экспериментальном опыте и фундаментальных основах аналитической химии.

На заседании 12 декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение: за разработку методики оперативного контроля изотопного состава кремния и исходного терафторида, обогащенных изотопом – 28, с пределами обнаружения по «примесным» изотопам $n \cdot 10^{-5}$ ат.% на одноколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения с индуктивно связанной плазмой присудить Отопковой П.А. ученую степень кандидата химических наук к по специальности 1.4.2 - аналитическая химия (химические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в

количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.4.2 - аналитическая химия, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного

совета 24.2.340.04

д.х.н., проф.

Князев Александр Владимирович

Ученый секретарь диссертационного

совета 24.2.340.04

к.х.н., доц.



Буланов Евгений Николаевич

12 декабря 2024 г.