

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 18.12.2025 г., протокол заседания № 14

О присуждении Сироткину Роману Григорьевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Микроэкстракционное концентрирование хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов из водных сред и их ионохроматографическое определение», в виде рукописи, по специальности 1.4.2. — Аналитическая химия (химические науки) принята к защите 07.10.2025 г. (протокол заседания № 8) 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 № 428/нк от 26.05.2025).

Соискатель – Сироткин Роман Григорьевич, 26 февраля 1994 года рождения. В 2017 году окончил магистратуру химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» по направлению подготовки «Химия».

В период с 01 сентября 2017 года по 31 августа 2021 года обучался по программе подготовки научно-педагогических кадров в очной аспирантуре по направлению подготовки «Химические науки». Диплом об окончании аспирантуры от 08.10.2021 № 105204 0038539 и справка о сдаче кандидатских экзаменов от 04.04.2024 № 015/А выданы ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

В период подготовки диссертации Сироткин Роман Григорьевич работал на кафедре аналитической и медицинской химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» в должности ассистента.

Диссертация выполнена на кафедре аналитической и медицинской химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент Елипашева Елена Валерьевна, доцент кафедры аналитической и медицинской химии химического факультета ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского».

Официальные оппоненты:

1. **Кузнецова Ольга Владимировна**, доктор химических наук, заведующий лабораторией физико-химических исследований ФГБУН «Институт металлорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН» (Нижний Новгород);
2. **Шафигулин Роман Владимирович**, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой физической химии и хроматографии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева» (Самара)

дали **положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск), в своем **положительном отзыве**, подписанном Томилиным Олегом Борисовичем, кандидатом химических наук, доцентом, заведующим кафедрой физической химии Института наукоемких технологий и новых материалов ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», и утвержденном Глушко Дмитрием Евгеньевичем, кандидатом педагогических наук, ректором ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», указала, что диссертация Сироткина Романа Григорьевича «Микроэкстракционное концентрирование хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов из водных сред и их ионохроматографическое определение» 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.8. «Методы маскирования, разделения и концентрирования», п.12. «Анализ объектов окружающей среды». По актуальности, поставленной цели, научной новизне, практической значимости результатов диссертация Р.Г. Сироткина «Микроэкстракционное концентрирование хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов из водных сред и их ионохроматографическое определение» 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, Сироткин Роман Григорьевич, 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 3 работы.

Недостоверные сведения в списке трудов, об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации, в диссертации Сироткина Р.Г. отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

Статьи:

1. **Сироткин, Р.Г.** Определение содержания бора в бутилированной питьевой воде различной минерализации / Р.Г. Сироткин, А.В. Князев, Е.В. Елипашева, А.Е. Маслова // Вестник Башкирского университета. – 2023. – Т. 28, № 4. – С. 317-322.
2. **Sirotkin, R.G.**, Elipasheva E.V., Knyazev A.V., Bobrova V.A. Determination of tetrafluoroborate in wastewaters by ion chromatography after ion pair liquid-liquid dispersive microextraction / R.G. Sirotkin, E.V. Elipasheva, A.V. Knyazev, V.A. Bobrova // Anal. Methods Environ. Chem. J. – 2022. – V. 5, № 4. – P. 77-86.
3. **Сироткин, Р.Г.** Ионохроматографическое определение хлоруксусных кислот с предварительным микроэкстракционным концентрированием / Р.Г. Сироткин, В.А. Крылов, Е.В. Елипашева, Р.Е. Грубов, К.А. Лутошкина // Аналитика и контроль. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 31-39.

Тезисы докладов научных конференций:

1. **Сироткин, Р.Г.** Ионохроматографическое определение тетрафторборат-ионов в сточных водах с ион-парным микроэкстракционным концентрированием / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева, В.А. Боброва, А.Е. Маслова, М.Р. Бразаускайте // Тезисы докладов XXVI Всероссийской конференции молодых учёных-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 18-20 апреля 2023 г. – С. 320.

2. Маслова, А.Е. Спектрофотометрическое определение тетрафторборат-ионов в водных растворах с использованием реагента бриллиантового зеленого / А.Е. Маслова, В.А. Боброва, **Р.Г. Сироткин**, Е.В. Елипашева // XXV Всероссийская конференция молодых ученых-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 19-21 апреля 2022 г. – С. 240.
3. Боброва, В.А. Оценка селективности ионохроматографического определения тетрафторборат-ионов с использованием сорбентов различной природы, карбонатных и аминокислотного элюентов / В.А. Боброва, **Р.Г. Сироткин**, Е.В. Елипашева, С.В. Чупрова // Тезисы докладов XXIV Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 20-22 апреля 2021 г. – С. 175.
4. **Сироткин, Р.Г.** Повышение селективности ионохроматографического определения хлоруксусных кислот в водопроводной воде / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева, В.А. Боброва, Ю.О. Баштанова // Тезисы докладов XXIII Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 21-23 апреля 2020 г. – С. 310.
5. **Сироткин, Р.Г.** Возможности применения эмульсионного микроэкстракционного концентрирования в сочетании с ионной хроматографией при определении хлоруксусных кислот / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева, В.А. Крылов // Тезисы докладов XXII Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 23-25 апреля 2019 г. – С. 320.
6. **Сироткин, Р.Г.** Ионохроматографическое определение хлоруксусных кислот с предварительным эмульсионным микроэкстракционным концентрированием / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева, В.А. Крылов // Тезисы докладов Международной конференции «Экстракция и мембранные методы в разделении веществ», посвященной 90-летию со дня рождения академика

Б.А. Пурина. Москва, 2018 г. – С. 94-95.

7. **Сироткин, Р.Г., Елипашева Е.В.** Возможности ионохроматографического определения хлоруксусных кислот в водных растворах с использованием различных сорбентов, кондуктометрического и диодно-матричного детекторов / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева // Тезисы докладов XXI Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием). Нижний Новгород, 15-17 мая 2018 г. – С . 308-309.
8. **Сироткин, Р.Г.** Возможности ионохроматографического определения моно-, ди- и трихлорацетат-ионов в питьевой воде / Р.Г. Сироткин, Е.В. Елипашева, В.А. Крылов // Тезисы докладов XXIII Нижегородской сессии молодых ученых (технические, естественные, математические науки). Нижний Новгород, 22-23 мая 2018 г. – С. 92-93.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск), ведущей организации. В качестве замечаний отмечено следующее:

1. При подборе ион-парного реагента для концентрирования тетрафторборат-ионов автором исследованы только тетраалкильные катионы с одноименными радикалами. Почему не рассматривались другие четвертичные аммониевые соединения?

2. Чем объясняется отсутствие данных по параметрам удерживания и разделения для некоторых анионов? В таблице 10 не приведены соответствующие значения для тетрафторборат-ионов, в таблице 12 – для ацетат-ионов и анионов хлоруксусных кислот.

3. Автором не объяснен принцип выбора экстрагентов для исследования. К примеру, при концентрировании тетрафторборат-ионов можно было бы оценить экстракционную способность простых эфиров, примененных для извлечения

хлоруксусных кислот.

Кузнецовой Ольги Владимировны, доктора химических наук, заведующего лабораторией физико-химических исследований ФГБУН «Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева РАН» (Нижний Новгород); официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. В литературном обзоре в разделе «1.2. Методики определения хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов в различных объектах» перечислены существующие методики определения хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов в объектах окружающей среды, биологических жидкостях и модельных растворах с указанием пределов обнаружения примесей и условий проведения анализа. К сожалению, в обзоре не хватает сопоставления основных методов определения указанных аналитов, имеющейся в литературе информации о преимуществах этих методов и основных ограничениях их использования.

Также в литературном обзоре отсутствует информация о мешающих ионах и сведения о методах устранения их мешающего влияния при определении хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов.

2. В экспериментальной части в разделе «2.6. Оценка погрешности» на стр. 54-55 формулы для расчета погрешностей не имеют нумерации, на стр. 56 нумерация формул появляется, а далее по тексту опять пропадает. Следовало привести нумерацию для всех расчетных формул.

3. Раздел 3.2.2, стр. 76, автор пишет «Правильность результатов определения аналитов оценили с помощью метода добавок». Чем обусловлен выбор данного метода?

4. В обсуждении результатов автором не приведена количественная оценка мешающего влияния катионов, присутствующих в анализируемых пробах воды.

5. Стр. 78, на рисунке 11 представлена зависимость коэффициента концентрирования тетрафторборат-ионов от электростатического коэффициента

ЕF используемого экстрагента. Точки на диаграмме соединены кривой. Какой смысл имеет эта кривая? Может быть корректнее было изобразить зависимость в виде точечной диаграммы.

Возможен ли выход кривой на плато, т.е. с увеличением значения ЕF эффективность экстракции тетрафторбората в виде $\{(TBA^+)(BF_4^-)\}$ не будет изменяться?

6. Выбор органического экстрагента обусловлен только его полярными свойствами? Другие свойства органического экстрагента могут оказывать влияние на коэффициенты концентрирования и степень извлечения аналитов? Можно сформулировать рекомендации для выбора органического экстрагента с учетом мешающего влияния ионов для анализа проб воды?

7. Суть подхода, основанного на замене органической матрицы экстрактов на водную, заключается в испарении экстрагента с последующим растворением полученного остатка в небольшом объеме воды или элюента. Полезно было бы визуализировать зависимость скорости протекания описанного подхода от параметров летучести органического экстрагента.

Шафигулина Романа Владимировича, кандидата химических наук, доцента, заведующего кафедрой физической химии и хроматографии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева» (Самара), официального оппонента. В качестве вопросов и замечаний отмечено следующее:

1. Литературный обзор написан в нестандартной форме. В частности, гл. 1.2.1 – 1.2.2 содержат большие сводные таблицы на несколько страниц. Это систематизирует материал, но информация воспринимается затруднительно. Желательно бы отразить (показать) конкретные результаты – хроматограммы разделения аналитов, корреляционные зависимости между различными

параметрами эксперимента и т.д.

2. В экспериментальной части (Гл. 2.2) для используемых реактивов не приведены коммерческие фирмы, у которых они были приобретены. Желательно это указывать для оценки качества реактивов.

3. Суждение *«тетрафторборат-ионы характеризуются сильным разрушающим влиянием на структуру воды, что приводит к ухудшению хроматографических характеристик – увеличивается время удерживания и размывание пика компонента»* – следует пояснить. Каким образом тетрафторборат-ион разрушает структуру воды и почему это сильно влияет на хроматографические характеристики в ионнообменной хроматографии? Обычно хаотропное влияние ионов сильно сказывается в обращенно-фазовой ВЭЖХ, где основным механизмом удерживания является выталкивание сорбатов на границу раздела фаз за счет гидрофобного эффекта водно-органического элюента.

4. Суждение *«Увеличение продолжительности или интенсивности механического диспергирования ускоряет переход примесей в экстрагент, но не приводит к значительному уменьшению толщины диффузионного слоя на границе раздела фаз»* непонятно и требует разъяснений. Что подразумевается под термином «диффузионный слой»? И каким образом он влияет на степень экстракции?

5. При ультразвуковом воздействии температура раствора (эмульсии и т.д.) может сильно повыситься. Может ли это повлиять на эффективность и селективность процесса микроэкстракционного концентрирования?

Шабарина Александра Александровича, кандидата химических наук, доцента, доцента кафедры фундаментальной химии и химической технологии Института наукоемких технологий и новых материалов ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва» (Саранск) и **Ковалевой Юлии Николаевны**, преподавателя кафедры

фундаментальной химии и химической технологии Института наукоемких технологий и новых материалов ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». В качестве замечаний отмечено следующее:

1. По какому принципу выбраны анионы (фторид-, ацетат-, хлорид-, бромид-, нитрат-, сульфат-ионы) для исследования и оптимизации условий хроматографирования?

2. Автором не указано общее время анализа, включая микроэкстракционное концентрирование с заменой матрицы экстракта, что не позволяет оценить экспрессность предложенных методик, и как следствие, их применимость для рутинного анализа.

Куликова Павла Николаевича, кандидата химических наук, руководителя направления разработки и постановки на производство битумных материалов и специальных нефтепродуктов, ООО «ЛЛК-Интернешнл» (Кстово). В качестве замечания указано следующее:

1. Автор иллюстрирует связь электростатического коэффициента экстрагента и коэффициента концентрирования примеси только на примере экстракции тетрафторборат-ионов. Почему не были построены аналогичные зависимости для хлоруксусных кислот и растворителей, выбранных для их экстрагирования?

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:

- **разработаны** методики определения хлоруксусных кислот (с пределами обнаружения $1 \cdot 10^{-3}$ – $8 \cdot 10^{-3}$ мг/л), включающие жидкофазное микроэкстракционное концентрирование аналитов с ультразвуковым эмульгированием экстрагента, а также методика определения тетрафторборат-ионов (с пределом обнаружения $7 \cdot 10^{-3}$ мг/л), включающая жидкофазное микроэкстракционное концентрирование BF_4^- в виде ионной пары с ультразвуковым эмульгированием экстрагента;

- **предложен** способ замены органической матрицы экстрактов на водную, который позволил реализовать сочетание микроэкстракционного концентрирования с ионохроматографическим определением аналитов;

- **доказано** отсутствие потерь искомых аналитов на стадии замены матрицы экстракта; следовые количества экстрагентов не оказывают негативного влияния на работу основных узлов ионного хроматографа;

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

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что применение жидкофазного ультразвукового микроэкстракционного концентрирования и оптимизация условий его проведения позволяют повысить чувствительность и селективность определения хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов в пробах воды различного происхождения;

- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов)** использован комплекс современных методов исследования, включающий ионную хроматографию с кондуктометрическим детектированием, спектрофотометрию;

- **изложены** особенности влияния природы сорбента и элюента на эффективность разделения хлоруксусных кислот, тетрафторборат-ионов и матричных компонентов; выбраны оптимальные условия их ионохроматографического определения;

- **раскрыты** экспериментально подтвержденные закономерности и особенности процессов экстракции аналитов, которые могут быть применены при разработке методик концентрирования схожих веществ.

- **изучены** факторы, влияющие на эффективность экстракции аналитов;

- **проведена модернизация** существующих представлений о критериях оценки полярности экстрагентов.

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

- **разработаны** методики микроэкстракционного концентрирования хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов с последующим анализом экстрактов методом ионной хроматографии с кондуктометрическим детектированием для селективного определения указанных примесей с пределами обнаружения $n \cdot 10^{-3}$ мг/л в пробах воды различного происхождения со сложным матричным составом;

- **определены** оптимальные параметры анализа для достижения максимальной прецизионности результатов измерений при контроле содержания указанных примесей;

- **создан подход** по применению жидкофазного микроэкстракционного концентрирования в сочетании с ионной хроматографией с кондуктометрическим детектированием, заключающийся в замене органической матрицы экстракта на водную;

- **представлены** рекомендации по выбору экстрагентов и реагентов для ион-парного микроэкстракционного концентрирования.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **для экспериментальных работ** достоверность результатов подтверждается использованием наиболее чувствительных современных методов анализа, их воспроизводимостью, согласованностью с результатами, полученными независимыми методами анализа;

- **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 соискателем опыте работы в области ионной хроматографии и пробоподготовки образцов воды различного происхождения;

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

- **использованы** современные методы физико-химического анализа: ионная хроматография с кондуктометрическим детектированием, спектрофотометрия.

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 характере полученной зависимости между электростатическим коэффициентом экстрагента и достигнутыми коэффициентами концентрирования тетрафторборат-ионов, о роли высаливателя в микроэкстракционном концентрировании, о выборе аналитов для исследования, о подборе неподвижных фаз и влиянии их структуры на процесс разделения токсикантов, об оценке пригодности хроматографической системы, а также параметров и факторов, влияющих на робастность разработанных методик, об ограничениях по применению предложенных методик, в том числе из-за присутствия в пробах компонентов, оказывающих мешающее влияние, об оценке предельных возможностей разработанных методик, их сравнении с существующими литературными данными, об отличиях микроэкстракционного концентрирования и классической экстракции, о

существующих способах обеззараживания воды централизованных систем питьевого водоснабжения.

Соискатель Сироткин Р.Г. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, основанную на изученных литературных данных, личном – экспериментальном – опыте и фундаментальных основах аналитической химии.

На заседании 18 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение: за разработку методик микроэкстракционного концентрирования хлоруксусных кислот и тетрафторборат-ионов с последующим анализом экстрактов методом ионной хроматографии с кондуктометрическим детектированием, позволяющих проводить селективное определение указанных примесей с пределами обнаружения $n \cdot 10^{-3}$ мг/л в пробах воды различного происхождения, присудить Сироткину Р.Г. ученую степень кандидата химических наук по специальности 1.4.2 - Аналитическая химия (химические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета 24.2.340.04

д.х.н., проф.



Княз

Князев Александр Владимирович

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.340.04

д.х.н., доц.

Буланов

Буланов Евгений Николаевич

18 декабря 2025 г.