

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.287.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25 июня 2025 г. № 16

О присуждении **Ледяеву Михаилу Евгеньевичу**, гражданину РФ,
ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Планарные микрофлюидные термодесорберы для газовой хроматографии» по специальности 1.4.2. «Аналитическая химия» принята к защите 24 апреля 2025 г., протокол № 13, диссертационным советом 24.2.287.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, приказ №76/нк от 26.01.2023 г.

Соискатель Ледяев Михаил Евгеньевич 1994 года рождения. В 2016 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет) с присуждением квалификации «Бакалавр» по специальности

«22.03.02 Металлургия». С 2016 по 2017 гг. работал стажером, а затем инженером-технологом на ООО «Завод Приборных Подшипников». С 2017 по 2018 гг. работал инженером на кафедре химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет). В 2018 г. окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет) с присуждением квалификации «Магистр» по специальности «22.04.02 Металлургия». С 2018 по 2021 гг. работал в ООО ИК «СИБИНТЕК» в должности инженера по КИПиА, а затем главным специалистом. С 2021 г. по настоящее время работает в ООО «Аналит-Сервис» в должности инженера. В 2022 г. окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет) с присуждением квалификации «Исследователь. Преподаватель исследователь» по специальности «04.06.01 Химические науки»;

Диссертация выполнена на кафедре химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет).

Научный руководитель – кандидат химических наук, доцент **Платонов Владимир Игоревич**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева" (Самарский университет), кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Грузнов Владимир Матвеевич доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука» Сибирского отделения Российской академии наук, главный научный сотрудник лаборатории полевых аналитических и измерительных технологий;

Дейнека Виктор Иванович доктор химических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», профессор кафедры общей химии.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Канатьевой Анастасией Юрьевной, кандидатом химических наук, ведущим научным сотрудником лаборатории спектральных и хроматографических исследований; Костиной Юлией Вадимовной, доктором химических наук, председателем секции «Аналитическая химия», ученым секретарем ИНХС РАН, указали, что диссертационная работа Ледяева Михаила Евгеньевича представляет собой завершённое научное исследование, а полученные результаты имеют существенное значение для развития отечественной аналитической химии и аналитического приборостроения.

Соискатель имеет 12 печатных работ из них 2 статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, 1 статья в издании, индексируемом в Scopus. Получено 1 авторское свидетельство на полезную модель к патенту. Общий объем научных изданий по теме диссертации составляет 5,52 п/л, а авторский вклад соискателя – 1,13 п/л.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Платонов, И. А., Платонов, В. И., Новикова, Е. А., Иголкин, А. А., & Ледяев, М. Е. (2023). Оптимизация хроматографического анализа путем использования нового композиционного теплоизоляционного материала на

основе аэрогеля и полимерной матрицы в составе термостата газового микрохроматографа. Сорбционные и хроматографические процессы, 23(2), 182-188. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2023.23/11142>.

2. Платонов, И. А., Платонов, В. И., Ледяев, М. Е., Ворон, С. В. Применение микротермодесорбера для концентрирования следовых количеств углеводородов в воздухе. Сорбционные и хроматографические процессы, 21(6), 805-811. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2021.21/3825>.

3. Platonov V., Sharma P., Ledyaev M. etc. Realization of Microfluidic Preconcentrator for N-Pentane Traces Impurities from the Gaseous Media // Materials 2022. — Vol. 15. Issue 22. № 22.

4. Планарный микротермодесорбер непрерывного действия для газовой хроматографии Платонов И. А., Платонов В. И., Ледяев М. Е., Переверзев А. Л., Глущенко А. С. ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ RU 213 711 U1 от 23.09.2022. Заявка: 2022119255, 14.07.2022.

На диссертацию и автореферат поступили 6 отзывов, все положительные: **Гуськов В.Ю.** – доцент, д.х.н., и.о. заведующего кафедрой аналитической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования Уфимский университет науки и технологий; **Карнов С.И.** – доцент, д.х.н., профессор кафедры аналитической химии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет (ВГУ)»; **Ульяновский Н.В.** – д.х.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории химии природных соединений и биоаналитики Центра коллективного пользования научным оборудованием «Арктика» Северного (Арктического) федерального университета имени М. В. Ломоносова; **Новиков В.Ф.** – профессор, д.х.н., профессор кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический

университет»; **Родинков О.В.** – профессор, д.х.н., профессор кафедры аналитической химии Института химии Санкт-Петербургского государственного университета (ФГОУ ВО СПбГУ), **Ланге П.К.** – профессор, д.т.н., профессор кафедры «Информационно-измерительная техника» Самарского государственного технического университета.

Содержание критических замечаний, содержащихся в отзывах, сводится к следующему: Для специалиста в хроматографии в работе приведено крайне малое количество хроматограмм, поэтому возникают такие вопросы: а) какова воспроизводимость времен удерживания в такой сложной системе? б) какова воспроизводимость ширины пика на половине высоты? в) как изменялись эти параметры в течение 300 циклов? Автор утверждает о том, что при росте концентрации сорбатов в исходной смеси снижение степени концентрирования связано с неполной десорбцией сорбата. А почему не рассматривается идея о простом проскоке сорбата вследствие насыщения сорбента, что можно было бы проверить, включив в цепь концентрирования еще один концентратор? При изложении текста с использованием уравнений не для всех формул приведены расшифровки использованных обозначений (см. уравнения 2.1, стр. 72, уравнения 2.4 - 2.6, стр. 74). Куда делись рисунки 4.6, 4.8 и 4.9? Стр. 80, 89. Почему выбраны именно эти величины давления газа-носителя в качестве граничных условий для конечно-элементных моделей структур преконцентратора? Таблицы 1.1 – 1.4 перегружены информацией. Было бы целесообразней систематизировать данные по-другому и перестроить данные таблицы. Стр. 95. В главе 2 приведены способы изготовления преконцентраторов традиционными способами и аддитивными технологиями. Далее по тексту не совсем акцентировано внимание на том, каким именно способом были изготовлены преконцентраторы, участвующие в исследованиях. Стр. 103. Приведены поля распределения температур для изготовленного нагревателя, который потом не участвует в исследованиях и заменен на Элемент Пельтье. Почему не представлены поля распределения

температур для элемента Пельтье? Стр. 110. Приведено конкретное описание работы электронной платы планарного микрофлюидного термодесорбера, но опущены пути прихода к данной архитектуре и выбора данных электронных компонентов. Стр. 117. В ходе исследования не указан коэффициент концентрирования о-ксилола, а только относительная разница при использовании разных преконцентраторов. Стр. 122. Почему выбраны именно эти температуры для этапов сорбции и десорбции? Рассматривались ли другие? И почему именно такие времена для каждого этапа? Стр. 126, 127. Почему именно н-пентан использовался при исследованиях с различными концентрациями и при циклических анализах? В диссертации присутствуют неудачные выражения, опечатки, пропущенные слова, несогласованные фразы, которые никак не влияют на подачу информации и не искажают данные. В литературном обзоре автором описано множество различных возможных типов преконцентратора, однако для дальнейшей работы выбрана трехкапиллярная структура, причем сравнение в работе приводится только с однокапиллярным вариантом. Чем обоснована выбранная трехкапиллярная структура преконцентратора? В ходе работы исследование проводилось при помощи портативного газового хроматографа «ПИА» (см. главу 4) – было бы интересно оценить результаты концентрирования с применением стационарного хроматографа, тем более что автор предлагает использовать разрабатываемое устройство не только в полевых условиях. Конечно-элементное моделирование, представленное в главе 2, проводилось без учета температурных параметров системы. В работе не проведено определение пределов обнаружения и пределов количественного определения аналитов с использованием предлагаемого устройства даже на обсуждаемых модельных смесях. Для определяемых концентраций аналитов при проведении тестирования микрофлюидного термодесорбера не указаны доверительные интервалы. На стр. 104 указано, что стабилизация свойств пленки алюминия нагревательного элемента после нескольких циклов нагрева и охлаждения

связана с установлением ее стабильного состава и структуры, однако в работе не приведены результаты исследования структуры и свойств поверхности, а утверждение высказывается лишь как предположение. Не оценена равномерность толщины и свойств алюминиевого покрытия, полученного методом магнетронного распыления. Имеются замечания технического характера. В тексте диссертации нарушена нумерация рисунков, часть последовательных номеров нарушена (глава 4), некоторые рисунки пронумерованы не в порядке появления в тексте. В работе имеются неудачные формулировки, например, в подписи к рис. 4.10 указано, что на иллюстрации показана «Зависимость концентрации н-пентана в альвеолярном воздухе от количества циклов на сорбентах», что следовало бы переформулировать следующим образом: «Зависимость определяемой концентрации н-пентана...». В тексте работы есть ряд опечаток. В 4 главе приведены параметры режима работы портативного МТД – являются ли эти параметры самыми оптимальными, или их можно менять? Также не совсем понятен режим газового хроматографа, на котором проходил анализ выбранных газовых смесей. В автореферате (по тексту и в заключении) полезно было бы указать аналитические характеристики (точность, правильность, прецизионность) методик определения ЛОС с использованием разработанных микрофлюидных термодесорберов, в том числе в сравнении с соответствующими величинами традиционных вариантов газовой хроматографии. Отсутствие в тексте автореферата и выводах наглядной информации о достигаемой чувствительности определения ЛОС и выигрыше в пределах обнаружения за счет использования микрофлюидного термодесорбера. Непонятно, из каких соображений выбрана конструкция трехкапиллярного типа хроматографической колонки. А почему не пакет капилляров? Каким образом проведен учет пористости среды гранулированного адсорбента, находящегося в микроканалах? В качестве объектов исследования соискателем выбраны биомаркеры заболеваний

человека, к которым относится ацетон, пентан, изопентан и орто-ксилол. Однако в реальных условиях в выдыхаемом воздухе организма человека находится более широкий ассортимент легколетучих органических соединений, хроматографические пики которых могут накладываться на пики исследуемых маркеров и искажать результаты анализа. Каким образом осуществляется селективность разделения этих компонентов? Нельзя согласиться с утверждением автора о том, что в обсуждаемой работе для нагревания и охлаждения предконцентратора был впервые выбран элемент Пельтье (с. 12 автореферата). Этот элемент достаточно давно используется для сорбционного концентрирования и, в частности, применяется в двухстадийном термодесорбере ТДС-1, поставляемой фирмой «Хроматэк». Рисунок 6 требует пояснений, которых нет в тексте автореферата. Кроме того, в нем нет информации об объеме и расходе анализируемого воздуха через МТД при выполнении анализа. Как автору удалось достичь такой низкой (менее 1%) относительной погрешности анализа всего при трех параллельных определений (табл. 6), и на основании каких данных этой таблицы сделан вывод о правильности методики? Недостаточно четко в пункте новизны определены преимущества предложенной конструкции термодесорбера по сравнению со стандартными решениями. Как видно из рис. 8 после концентрирования пики компонентов расширяются, что приводит к их смещению. Следовало бы рассмотреть погрешность, вызванную этим совмещением. В работе нет достаточного обоснования концепции трехколоночного МТД, наверно, возможно использования 2-х, 4-х и т.д. колоночных конструкций, ведь с использованием планарной технологии можно изготовить достаточно сложные конструкции термодесорберов.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их многолетним опытом, профессионализмом и компетентностью в научно-исследовательских направлениях, смежных с

тематикой диссертации по защищаемой специальности, что подтверждается наличием публикаций в данной отрасли науки, способностью оценить научную новизну, теоретическую ценность и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая конструкция планарного микрофлюидного термодесорбера, позволяющая проводить процесс сорбции при температурах ниже 0°С и полностью автоматизированный процесс пробоподготовки;

предложено и обосновано устройство нового типа преконцентратора, состоящего из трех капилляров, применение планарного микрофлюидного термодесорбера при температурах ниже 0°С с использованием элемента Пельтье;

доказана перспективность разработанного планарного микрофлюидного термодесорбера для проведения пробоподготовки при проведении газохроматографического анализа в автоматическом режиме;

Новые понятия **не вводились**.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что трехкапиллярная структура преконцентратора обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики, чем монокапиллярная, реализован процесс сорбции при отрицательных температурах;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплекс существующих базовых методов исследования, обеспечивающий получение результатов, позволяющих обосновать выбор трехкапиллярной структуры преконцентратора, исследовать процесс

пробоподготовки при определении некоторых летучих органических соединений в газовых средах с разными концентрациями аналитов;

изложены доказательства выбора структуры преконцентратора и применения планарного микрофлюидного термодесорбера для пробоподготовки при проведении газохроматографического анализа;

раскрыты проблемы, а также сформулированы критерии для обеспечения автоматического процесса пробоподготовки при эксплуатации современных портативных приборов для портативной газовой хроматографии, в том числе в полевых условиях;

изучены возможности применения разработанного планарного микрофлюидного термодесорбера для определения летучих органических соединений;

проведена модернизация структуры преконцентратора, которая позволила увеличить его эффективность на 33 % по сравнению с монокапиллярной структурой.

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

разработаны новая структура преконцентратора, а также устройство для пробоподготовки – планарный микрофлюидный термодесорбер, позволяющая использовать элемент Пельтье и как устройство для охлаждения, и как нагреватель, не используя сторонних устройств;

определены перспективы практического применения разработанного планарного микрофлюидного термодесорбера для определения аналитов разной природы;

созданы опытные образцы преконцентраторов и планарного микрофлюидного термодесорбера, на которых проводилось исследование по термической сорбции/десорбции ряда летучих органических соединений;

представлены предложения по дальнейшему использованию разработанного планарного микрофлюидного термодесорбера, расширяемые

его возможное применение, что обеспечит в том числе бесперебойный мониторинг аналитов разной природы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальные **результаты получены** на сертифицированном оборудовании с использованием современного комплекса методов исследования методами газохроматографического анализа (Хроматограф газовый портативный "ПИА"), программное обеспечение для вычислительной гидродинамики (CFD) («Ansys Fluent»), установка магнетронного распыления («Этна 100-МТ»);

теория построена на известных, воспроизводимых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными результатами по теме диссертации;

идея базируется на анализе практики, известных литературных и собственных экспериментальных данных; обобщении передового опыта в области современной портативной газовой хроматографии;

использовано сравнение результатов эксперимента, полученных с использованием авторского способа, с результатами других авторов по исследуемой тематике;

установлено качественное соответствие авторских результатов и результатов, представленных в независимых источниках по исследуемой тематике;

использованы современные методы анализа, обработки информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: анализе и обобщении научно-технических данных последних лет, вошедших в литературный обзор; обосновании выбора объектов исследования; постановке цели и задач исследования; проведении научных экспериментов; обработке полученных экспериментальных данных; проведении расчетов; анализе и обсуждении полученных результатов и выводов; выдаче рекомендаций; представлении

полученных результатов на конференциях и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1) Одна из причин погрешности заключается в том, что не полностью происходит десорбирование. Есть ли наработки по построению изотерм сорбции? Чем объясняется, что не полностью происходит десорбция?

2) Десятые доли в коэффициентах концентрирования являются статистически значимыми или можно округлить до целых значений ?

3) Есть полезная модель, но это техническое решение. Каково научное решение?

4) Каков уровень внедрения результатов исследования?

5) Утверждаете, что впервые реализована возможность сорбции при отрицательных температурах. Для чего нужно производить сорбцию при отрицательных температурах? Почему ограничились температурой минус десять градусов по Цельсию?

6) Объект анализа пентан, изо-пентан и ацетон. Чем обусловлен выбор аналитов?

7) Зачем в демонстрационном материале представлены известные решения технических десорберов, преконцентраторов? Как это повлияло на выбор направления в работе?

8) Когда объем пробы существенно влияет на результаты анализа? На что влияет объем пробы?

9) Если исключить из конструкции прибора преконцентратор, какую задачу не получится решить?

10) Как контроль температуры влияет на результаты анализа?

11) По каким характеристикам, каким данным, выбирали сорбенты для преконцентратора?

12) Концентрирование происходит все-таки в хроматографической колонке?

13) Изучалась ли сорбция аналитов в преконцентраторе, были построены изотермы сорбции?

14) Преконцентратор, который разработали, предназначен для экологического мониторинга или для диагностики заболеваний? Где он более успешен и позволит исключить проблемы, которые не позволяют исключить известные сегодня технических решений?

15) В экологическом мониторинге создание низких, отрицательных температур и их контроля в предконцентраторе позволит эффективнее решать задачи?

16) Какой объем воздуха необходимо отбирать, чтобы осуществить задачи экологического мониторинга?

17) Отбирать пробу надо на месте или переносить к хроматографу? Это решение применимо для мобильных хроматографов?

18) Если сравнить коэффициенты концентрирования, которые достигнуты в диссертации, с другими альтернативными методами, насколько эти коэффициенты большие или меньше? В чем преимущества именно нового метода по сравнению с другими аналогичными по своей цели?

19) На каком основании выбраны модели монокапиллярной и трехкапиллярной системы? Почему не применили спиральную структуру, например?

20) Каким способом оценивали молекулярную основу процесса? Что представляют адсорбенты по молекулярной структуре?

21) Что предпринимать с преконцентратором, когда он отработал 300 циклов?

22) Каковы размеры термодесорбера?

Соискатель Ледяев М. Е. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1) Получен большой объем экспериментальных данных. Десорбция происходит вследствие того, что процесс происходит быстро и анализ дольше задерживаться в преконцентраторе. По определению характеристик преконцентратора работа продолжается.

2) Величины коэффициентов концентрирования можно было округлить до целых значений.

3) Разработали поликапиллярную структуру преконцентратора, в данном случае – трехкапиллярную. Реализована возможность проведения сорбции при отрицательных температурах, что до этого не реализовывалось.

4) В настоящее время проходит внедрение прибора в реальном производстве.

5) Основываясь на литературных данных отечественных и зарубежных источников предварительного концентрирования при отрицательных температурах до нас не проводилось. Для тех десорберов, которые поставляются на отечественный рынок, температура сорбции заявлена в зависимости от окружающей среды. Минус десять градусов по Цельсию – такая температура выбрана для большей эффективности работы элемента Пельтье. Можно и ниже, но требуются некоторые конструктивные изменения. При отрицательных температурах можем больший объем газа-носителя и аналита пропустить через преконцентратор при тех же скоростях, которые задает устройство для расхода.

6) Аналиты – био-маркеры выдыхаемого воздуха при раке легких, нарушениях липидного обмена, оксидативном стрессе и функциональных нарушениях сердечно-сосудистой системы. Также углеводороды определяют при проведении экологического мониторинга.

7) Большое влияние уделено литературным источникам, показаны существующие разнообразные пути решения. Решался вопрос не только

выполнения конкретной аналитической задачи, но и технической. То есть в ограниченном объеме, физическом, построить более эффективную газохроматографическую систему.

8) При циклическом анализе объем пробы имеет очень важную роль. В зависимости от того, сколько пробы в абсолютных величинах введется в хроматограф, зависит стабильность сорбента. Объем пробы влияет на срок службы преконцентратора.

9) Если исключить из конструкции прибора преконцентратор, нельзя контролировать температуру сорбции.

10) Влияние контроля температуры на результаты анализа является продолжением работы в настоящее время.

11) Сорбенты выбирали на основании известных литературных данных.

12) Преконцентратор – та же МЭМС-колонка, поликапиллярная. Только меньшего объема и размера.

13) На данном этапе сорбция аналитов в преконцентраторе не изучалась. Для каждого конкретного случая, для каждой конкретной аналитической задачи сорбент надо подбирать.

14) Наши устройства будут наиболее эффективны в экологическом мониторинге. Их применение позволит осуществить мониторинг автоматически без персонала. Есть статистические наработки, которые подтверждают, что превышение изученных аналитов в выдыхаемом воздухе говорит о начале болезни.

15) Исключается процедура пробоотбора, транспортировки влияние человеческого фактора.

16) В исследовании отбирали 300 мл воздуха, весь этот объем пробы пропускали через преконцентратор.

17) Пробы отбираются в автоматическом режиме. На месте. Наша разработка предназначена для мобильных хроматографов, но можно использовать со стационарными хроматографами.

18) Результаты, полученные нами, сравнивали с работами иностранных коллег. Ими приведены различные коэффициенты концентрирования, но это не циклические анализы, а разовые. Многие преконцентраторы одноразовые, у нас многоразовые. Нами достигнуты стабильные результаты путем контролирования температур сорбции и десорбции.

19) Монокапилляр выбрали потому, что он аналогичен обычному сорбционному патрону. Трехкапилляр – это поликапилляр, выбран из экономической целесообразности. Такую структуру выполнить проще. Планируем массовое производство и, соответственно, экономическая выгода может быть. Спиральная структура имеет больший объем, тем самым увеличились бы процессы пробоподготовки, время анализа возросло бы. Время пробоподготовки имеет существенное значение.

20) Молекулярная структура сорбентов не учитывалась, выбор основывался на применении тех сорбентов, которые применяются обычно в хроматографии.

21) Можно заменить сорбент. В хроматографе установлен счетчик циклов.

22) Размер преконцентратора 40*40 мм, высота куллера около 8 см.

На заседании 25 июня 2025 г. диссертационный совет принял решение за научно-обоснованные технические и технологические решения по созданию планарного микрофлюидного термодесорбера на основе трехкапиллярного преконцентратора и элемента Пельтье для обеспечения бесперебойного мониторинга экологических сред, анализа воздуха рабочих зон и применения в медицине для неинвазивной диагностики некоторых заболеваний, имеющие существенное значение для развития отечественного аналитического приборостроения присудить Ледяеву Михаилу Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.4.2 «Аналитическая химия».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности 1.4.2., участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали : за – 14, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель совета по защите диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук
24.2.287.03, д.х.н., профессор



Сухачев Павел Тихонович

Ученый секретарь совета по защите диссертаций
на соискание ученой степени кандидата наук,
на соискание ученой степени доктора наук
24.2.287.03, к.т.н.

Власова Лариса Анатольевна

Заключение подписано 25.06.2025 года