УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУН
«Институт физической химии
и электрохимии имени А. Н. Фрумкина
РАН (ИФХЭ РАН)»
член-корреспондент РАН
_____Буряк А. К.
«21» января 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физической химии и электрохимии имени
А. Н. Фрумкина РАН (ИФХЭ РАН)» на диссертационную работу
Карпова Сергея Ивановича
«Кинетика и динамика сорбции полифенольных физиологически активных веществ наноструктурированными материалами»,
представленную на соискание ученой степени доктора химических наук
по специальности 02.00.04 – физическая химия

1. Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет».

Диссертационная работа представляет собой логично выстроенное и завершенное научное исследование. Работа посвящена решению актуальной научной проблемы физической химии – установлению взаимосвязи сорбционной способности наноструктурированных мезопористых кремнеземов с их строением и условиями получения. Соискателем раскрыты механизмы сорбции физиологически активных веществ с учетом структуры, пористости, распределения сорбционных центров по поверхности синтезированных впервые мезопористых кремнеземов. Отмечен существенный вклад кинетики сорбции органических веществ материалами с узким распределением пор по размеру и большой площадью поверхности. Доказано связанное с этим улучшение сорбционных свойств мезопористых кремнеземов, возрастание эффективности сорбционного процесса в динамических условиях по сравнению с классическими силикагелями.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым на соискание степени доктора наук.

2. Актуальность темы диссертационной работы.

Диссертационная работа Карпова Сергея Ивановича посвящена одной из задач физической химии сорбционных процессов, заключающейся в установлении роли наноструктурированности в улучшении сорбционных свойств кремнеземов при их использовании в динамике сорбции органических веществ из жидких сред. Высокая реакционная способность антиоксидантов предполагает уменьшение количества стадий анализа при выделении, концентрировании и разделении биологически активных веществ (БАВ) сорбционными методами. Актуальным является выбор материалов, высокоспецифичных по отношению к определяемым БАВ, характеризующихся их быстрым массопереносом и отсутствием каталитических свойств.

Увеличение эффективности сорбентов в настоящей работе предполагает формирование системного подхода к рассмотрению физической химии поверхности мезопористых сорбентов. Автором обосновывается рассмотрение взаимосвязи структуры материала и его свойств с учетом природы сорбционных центров и их доступности для молекул сорбатов. Актуальным является получение наноструктурированных кремнеземов (НК) с узким распределением пор по размеру, большой удельной площадью поверхности и энергетической однородностью сорбционных центров мезопористых материалов. Актуально изучение кинетики сорбции с учетом существующих моделей, а также развитие теории сорбции веществ наноструктурированными кремнеземами в динамических условиях. Автором обосновывается важность развития теории динамики сорбции БАВ упорядоченными кремнеземами. Моделирование сорбции органических веществ мезопористыми материалами, в том числе в рамках существующих адсорбционных и диффузионных моделей, необходимо для увеличения эффективности сорбентов в процессах сорбционного выделения, концентрирования и разделения веществ в динамических условиях.

3. Объем и структура диссертации

Диссертация включает введение, семь глав, выводы, список литературы (589 наименований) и приложения. Работа изложена на 388 страницах машинописного текста и содержит 103 рисунка, 40 таблиц.

Глава 1 диссертации содержит литературный обзор, посвященный рассмотрению способов синтеза НК, их модификации, методам математического моделирования сорбционных процессов.

В главе 2 приведена характеристика объектов исследования. Подробно рассмотрены физико-химические свойства полифенольных БАВ, методы их концентрирования, разделения и определения.

Глава 3 включает описание методик синтеза, модификации мезопористых кремнеземов. Представлена характеристика методик спектроскопических и адсорбционных методов изучения структуры и свойств поверхности НК. Приведены способы количественного определения полифенольных веществ для изучения равновесных и кинетических параметров сорбции в статических и динамических условиях.

В главе 4 приводятся результаты изучения структуры и некоторых физико-химических свойств синтезированных и модифицированных мезопористых материалов. Автор активно использует современные адсорбционные (низкотемпературной адсорбции/десорбции азота, конкурентной адсорбции воды и толуола) и спектроскопические методы (ИК-спектроскопии, рентгеновской дифракции и др.).

Глава 5 посвящена изучению кинетики и равновесия сорбции БАВ наноструктурированными кремнеземами в сравнении с традиционными сорбентами. Определение равновесных и кинетических характеристики сорбции полифенольных веществ позволило делать заключение о механизме, особенностях изменения селективности НК к флавоноидам в условиях модификации органосиланами. Отмечена высокая скорость сорбции БАВ наноструктурированными мезопористыми кремнеземами в сравнении с традиционными силикагелями и полимерными ионообменниками.

В главе 6 рассматриваются вопросы моделирования динамики сорбции в применении к рассматриваемым системам. Модификация аналитических решений смешанно-диффузионной динамики позволила определить ряд физико-химических параметров новых мезопористых композитов МСМ- 41 для описания сорбционного разделения и концентрирования полифенолов.

В главе 7 рассмотрено применение НК в процессах сорбционно-хроматографического выделения, концентрирования и разделения БАВ. Приведена оптимизация условий динамического сорбционного концентрирования БАВ для целей последующего анализа.

Результаты диссертационной работы Карпова С.И. актуальны, соответствуют Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (индустрия наносистем) и Перечню критических технологий РФ (технологии получения и обработки функциональных наноматериалов). Актуальность темы исследования подтверждена поддержкой федеральными целевыми программами (ФЦП) «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы», госзаданием высшим учебным заведениям в сфере научной деятельности на 2017-2019 годы.

4. Степень достоверности результатов и обоснованности научных положений, выводов и заключений диссертационного исследования

Положения, выносимые на защиту, теоретически обоснованы и экспериментально доказаны. Выводы и заключение соответствуют содержанию работы, базируются на большом экспериментальном материале и не противоречат данным литературы. Достоверность и обоснованность полученных в диссертации С. И. Карпова результатов определяется системностью исследований, всесторонним анализом и воспроизводимостью экспериментальных данных, применением при сорбционно-хроматографичеком анализе современных методов исследования: низкотемпературной адсорбции/десорбции азота для подтверждения наноструктурированности и пористости кремнийсодержащих

материалов типа МСМ-41, ИК-спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, рентгенофазового анализа, термогравиметрии для контроля структуры синтезированных аналогов МСМ-41, высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофотометрии в УФ- и видимой областях спектра, экспериментальной установки конкурентной адсорбции веществ с привлечением газохроматографического детектирования адсорбированных веществ для изучения взаимосвязи структуры и сорбционных свойств. Представлены статистически достоверные результаты исследования при варьировании условий синтеза и модификации кремнеземов, при рассмотрении кинетики и динамики сорбции. Полученные автором данные по синтезу и модификации наноструктурированных материалов, кинетике и динамике сорбции веществ сравнивались с данными, опубликованными в профильных российских и международных научных журналах. Все выводы работы Карпова Сергея Ивановича обоснованы, а результаты работы опубликованы в профильных российских и международных научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ и индексируемых в базах данных Web of Science и Scopus.

5. Основные научные результаты, их значимость для развития физической химии

В настоящей работе сформулирован системный подход к рассмотрению физической химии поверхности мезопористых сорбентов. Автором представлена характеристика взаимосвязи структуры материала и его сорбционных свойств с учетом природы сорбционных центров и их доступности для молекул сорбатов. Сформулирован системный подход улучшения сорбционных свойств кремнеземов, основанный на учете пористости и наноструктурированности мезопористых материалов. Разработаны схемы синтеза упорядоченных кремнеземов и модификации упорядоченных кремнеземов с учетом природы сорбционных центров и конкурентной адсорбции растворителей для улучшения скорости массопереноса полифенольных веществ при их сорбции. Методом темплатного золь-гель синтеза получены новые селективные к полифенолам упорядоченные сорбенты. Узкое распределение пор по размеру определяют преимущества мезопористых кремнеземов по сравнению с традиционными силикагелями и полимерными ионообменниками. Большая (более 1000 $м^2/г$) удельная площадь поверхности сорбента, доступность и энергетическая однородность сорбционных центров мезопористых материалов определяют высокую сорбционную способность и применимость аналогов МСМ-41 в процессах сорбционного выделения и концентрирования органических веществ. Раскрыты механизмы сорбции биологически активных веществ с учетом структуры, пористости и распределения сорбционных центров по поверхности синтезированных впервые мезопористых кремнеземов.

При рассмотрении кинетики сорбции органических веществ в рамках адсорбционных и диффузионных кинетических моделей доказано улучшение кинетических характеристик сорбционного процесса, увеличение скорости массопереноса полифенольных веществ при их сорбции новыми синтетическими наноструктурированными материалами. Доказано, что упорядочен-

ность кремнезема МСМ-41 с гексагональной структурой мезопор, узкое распределение пор по размерам обуславливают преимущества в кинетике сорбции полифенольных веществ по сравнению с неупорядоченными кремнеземами (силикагелями) и полимерными сорбентами.

Разработана асимптотическая модель смешанно-диффузионной динамики сорбции, представляющая собой развитие теории сорбции веществ наноструктурированными кремнеземами в динамических условиях. Применение системы асимптотических уравнений смешанно-диффузионной динамики при выпуклых изотермах сорбции полифенольных веществ позволило автору обосновать эффективность применения нанокомпозитов на основе МСМ-41 в процессах динамического сорбционного концентрирования и разделения полифенольных БАВ. Решение обратной задачи динамики сорбции в рамках указанной модели позволило Карпову С.И. найти физико-химические параметры необходимые для оптимизации процесса динамики сорбции полифенолов, фитостеролов, фосфолипидов, их концентрирования и хроматографического разделения с близкими по природе веществами. Определено оптимальное сочетание факторов динамического сорбционного концентрирования веществ на нанокомпозитах типа МСМ-41, позволяющих повысить полноту использования емкости сорбента и снизить потери целевого компонента при его сорбции.

Карповым С.И. предложен способ оценки эффективности наноструктурированных сорбционных систем для хроматографического разделения близких по свойствам ФАВ на основе расчета числа теоретических тарелок с учетом стандартного отклонения объема пропущенного раствора, характеризующего ширину фронта сорбции. В диссертационной работе сформулированы и реализованы на практике физико-химические принципы разделения близких по сорбционным свойствам ФАВ на наноструктурированных материалах для последующего определения в экстрактах растительного сырья, физиологических жидкостях и фармпрепаратах. Учет большой удельной площади поверхности кремнезема МСМ-41 (более 1000 $м^2/г$) и значительной доступности его сорбционных центров позволяет достигать эффективности наноструктурированного мезопористого материала при величинах чисел теоретических тарелок, на 1-2 порядка превышающих классические полимерные сорбенты и силикагели.

6. Научная новизна полученных результатов диссертационного исследования состоит в следующем:

1. Узкое распределение пор по размеру и энергетическая однородность сорбционных центров наноструктурированного сорбента МСМ-41 и его аналогов обуславливают улучшение сорбционных свойств по сравнению с неструктурированными традиционными силикагелями. При сорбции полифенольных веществ большая удельная площадь поверхности ММ (более 1000 м2/г) способствует многократному (в 3-15 раз) увеличению сорбционной емкости мезопористых аналогов МСМ-41 по сравнению с неупорядоченными кремнеземами и полимерными сорбентами. Химическая модификация МСМ-41 органосиланами дает возможность комбинировать преимущества полимер-

ных ионообменнников и материалов с жесткой ненабухающей матрицей. Прививка ионогенных модификаторов к матрице кремнезема позволяет увеличить селективность композитов МСМ-41, повысить сорбционную емкость и величину коэффициентов распределения флавоноидов в системе раствор-сорбент. Прививка к матрице наноструктурированного ММ органосиланов позволяет дифференцировать сорбционные свойства флавоноидов, что способствует росту эффективности сорбционного разделения близких по природе ФАВ в динамических условиях.

2. Гексагональная структура мезопор МСМ-41 обуславливает преимущества в кинетике сорбции полифенольных веществ по сравнению с неупорядоченными кремнеземами (силикагелями) и полимерными сорбентами. Упорядоченность кремнезема МСМ-41 способствует более быстрому установлению равновесия сорбции флавоноидов. Модификация матрицы кремнезема неионогенными органосиланами обеспечивает рост сорбционной емкости при подавлении конкурентной адсорбции растворителя и увеличение кинетических коэффициентов сорбции полифенолов.

3. Модель смешанно-диффузионной динамики при выпуклых изотермах адаптирована для описания сорбции ФАВ на полимерных ионообменниках и упорядоченных аналогах МСМ-41. Решение обратной задачи динамики сорбции с использованием предложенной в работе системы асимптотических уравнений позволило в динамических условиях определять равновесные и кинетические параметры сорбции полифенолов сорбентами с различной степенью упорядоченности.

4. Сформулированы направления теоретического обоснования улучшения сорбционных свойств наноструктурированных аналогов МСМ-41 при сорбционном концентрировании полифенолов и хроматографическом разделении близких по физико-химическим свойствам веществ. Моделирование сорбции с учетом смешанно-диффузионного режима кинетики дает возможность оптимизировать динамическое сорбционное концентрирование ФАВ на новых нанокомпозитах. Для упорядоченных кремнеземов при сорбции полифенольных веществ обоснован эффект существенного увеличения эффективности сорбционного концентрирования СЕ (от 3 до 10 раз) и хроматографической эффективности слоя сорбента (более чем 100-кратный рост числа теоретических тарелок) по сравнению с неструктурированными силикагелями и полимерными ионообменниками.

7. Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость работы состоит в формировании теоретических представлений о сорбционных свойствах наноструктурированных аналогов МСМ-41 и композитов с привитыми группами функционализированных органосиланов. Изучена взаимосвязь условий синтеза, химического состава и структуры с сорбционной способностью упорядоченных мезопористых материалов.

Прививка ионогенных и неионогенных модификаторов позволила улучшить сорбционные свойства наноструктурированных кремнеземов по

сравнению с неструктурированными кремнеземами, эффективно использовать композиты МСМ-41 в процессах сорбционного разделения и концентрирования ФАВ.

С использованием комплекса физико-химических методов (низкотемпературной адсорбции/десорбции азота, термогравиметрии, ИК-спектроскопии с приставкой *in situ* нагревания, экспериментальных методик оценки гидрофобности по конкурентной адсорбции воды и толуола и др.) раскрыт механизм модификации кремнеземов, учитывающий прививку органосиланов к поверхностным силанольным группам и снижение гидратации (сольватации) сорбционных центров; изучено влияние природы ионогенных и неионогенных органосиланов и условий модификации на сорбционные свойства композитов на основе МСМ-41. Установлена связь равновесных параметров сорбции флавоноидов с удельной площадью поверхности кремнезема, природой и удельной плотностью сорбционных центров на поверхности мезопор МСМ-41, составом раствора и конкурентной адсорбцией растворителя.

Исследованы кинетика и динамика сорбции ФАВ на наноструктурированном сорбенте МСМ-41 и его аналогах. Перераспределение сорбционных центров между объемом и поверхностью при существенном увеличении площади поверхности мезопористых аналогов МСМ-41, узкое распределение пор по размеру, а также рост доступности сорбционных центров наноструктурированных материалов по сравнению с традиционными силикагелями приводит к улучшению кинетических свойств и возрастанию эффективности сорбентов в динамических условиях. Определены лимитирующие стадии кинетики сорбции, доказана необходимость использования смешанно-диффузионной модели сорбции. Изучена связь кинетических коэффициентов сорбции полифенолов с упорядоченностью мезопор МСМ-41, его гексагональной структурой, условиями модификации и природой органосиланов. Установлено увеличение кинетических коэффициентов сорбции полифенолов при модификации мезопористых материалов неполярными органосиланами.

Доказана применимость теории динамики сорбции при выпуклых изотермах и смешанно-диффузионной кинетике для описания выделения, концентрирования и разделения полифенолов полимерными и неорганическими сорбентами. Решена обратная задача динамики сорбции в рамках смешанно-диффузионной модели и использована для определения физико-химических параметров сорбции. Обоснованы преимущества сорбционных свойств наноструктурированных материалов по сравнению с неупорядоченными кремнеземами и полимерными ионообменниками.

Установлена высокая эффективность аналогов МСМ-41 в процессах сорбционного концентрирования и хроматографического разделения близких по природе ФАВ в динамических условиях по сравнению с неструктурированными полимерами и силикагелями. Обосновано возрастание эффективности аналогов МСМ-41 в динамике сорбции полифенольных веществ при химической модификации органосиланами. Доказано увеличение динамической

емкости и коэффициентов распределения при сорбции полифенолов аналогами МСМ-41 по сравнению с традиционными кремнеземами.

Развитые теоретические представления о сорбционных свойствах аналогов МСМ-41 являются основанием для целенаправленного практического использования наноструктурированных материалов в сорбционных процессах.

Разработка новых и усовершенствование существующих способов синтеза наноструктурированных аналогов МСМ-41, модификация нанокомпозитов позволили:

– определить перспективы практического использования высокоупорядоченных материалы типа МСМ-41 в качестве сорбентов для сорбционного выделения, концентрирования, хроматографического разделения и определения близких по физико-химическим свойствам полифенолов;

– разработать способы концентрирования и разделения флавоноидов, неполярных витаминов групп A, D, E на мезопористых аналогах МСМ-41 и их композитах;

– выбирать рациональные условия выделения ФАВ из отходов промышленных, сельскохозяйственных производств;

– сократить число стадий при динамическом сорбционном выделении и концентрировании веществ на упорядоченных материалах.

Увеличение степени концентрирования ФАВ на наноструктурированных кремнеземах способствует уменьшению затрат токсичных растворителей для выделения и концентрирования полифенолов.

Разработанные способы получения органо-неорганических материалов с привитыми функциональными группами, с молекулярными отпечатками кверцетина и (+)-катехина, а также методы разделения флавоноидов и получения антоцианового красителя, предложенные в настоящей работе, являются новыми, подтверждены патентами Российской Федерации (№№ RUS 2438780, 2491989, 2646805 и 2302436 соответственно).

8. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные С.И. Карповым научные результаты могут быть рекомендованы для использования в научных и высших учебных заведениях: в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН, Институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, Институте элементоорганических соединений имени А.Н. Несмеянова РАН, Институте высокомолекулярных соединений РАН, Институте катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН, Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, Санкт-Петербургском государственном университете, Самарском национальном исследовательском университете им. академика С.П. Королева, Самарском государственном техническом университете, Саратовском национальном исследовательском университете им. Н.Г. Чернышевского, Белгородском государственном национальном исследовательском университете, Казанском федеральном университете, Уральском федеральном университете им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Томском националь-

ном исследовательском государственном университете, Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, Воронежском государственном университете, а также в иных организациях, занимающихся исследованиями в области сорбции биологически активных веществ.

9. Замечания и вопросы по диссертационной работе.

1. Не достаточно полно анализируется степень погрешности при определении удельной площади поверхности упорядоченных кремнеземов, объема и диаметра пор методом низкотемпературной адсорбции/десорбции азота. Не проведено сравнение этих характеристик для мезопористых материалов, синтезированных при варьировании природы темплата и силикатной основы.

2. Автор указывает, что "Упорядоченная гексагональная структура МСМ-41 и его аналогов позволяет говорить о большей доступность сорбционных центров" (глава 1, стр. 80). Возникает вопрос, только ли "гексагональная" структура способствует доступности силанольных групп? Возможно, речь должна идти о регулярном размере пор?

3. В работе приведены способы модификации МСМ-41 с использованием различных органосиланов (глава 4, табл. 4.1), однако, практически отсутствуют данные о сорбционных свойствах этих кремнеземов.

4. Автором неудачно использованы термины «химическая кинетика» по отношению к физической адсорбции сорбатов (глава 5, стр. 191), «ионообменное закрепление» (глава 5, стр. 195).

5. Требует пояснений необходимость рассмотрения сорбции полифенолов ионогенными сорбентами, в то время как диссоциация функциональных групп ионообменника в ацетонитриле практически невозможна, а в этаноле существенно снижена.

6. Не очень понятно, на каком основании автор делает заключение о гидрофобности МСМ-41 (стр. 200). Требует пояснений, как связан гидрофильно-гидрофобный баланс с уменьшением числа силанольных групп на единицу площади поверхности мезопористого кремнезема.

7. В главе 5, стр. 206 отмечено существенное возрастание коэффициентов распределения флавоноидов при их сорбции аминированным мезопористым материалом MNM из растворов в этилацетате по сравнению с ацетонитрильными растворами. Однако в дальнейшем не проводится сравнение динамики сорбции флавоноидов из указанных растворов.

Сделанные выше замечания не могут изменить общую положительную оценку работы, направленную на решение важной научной проблемы: установлению взаимосвязи сорбционной способности наноструктурированных мезопористых кремнеземов с их строением и условиями получения.

10. Заключение о соответствии диссертационной работы требованиям ВАК Минобрнауки России

Оценка качества оформления работы

Диссертация написана грамотным научным языком, оформлена с использованием широкого набора первичных экспериментальных данных и иллюстративного материала. Выдержана логическая последовательность изло-

жения: введение, обзор литературы, описание объектов и методик исследования, экспериментальные данные, обсуждение результатов и выводы.

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 34 статьи в реферируемых научных журналах, входящих в Перечень ВАК Минобрнауки РФ, 3 статьи в ведущих международных журналах, 21 статья входит в базу данных Web of Science и Scopus. Результаты исследований подтверждены 4 патентами РФ.

Диссертационная работа Карпова С.И. отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к диссертациям на соискание ученой степени доктора химических наук. Материалы диссертации достаточно полно представлены в опубликованных статьях и апробированы на международных и всероссийских конференциях. Полученные результаты полностью соответствуют заявленным целям и задачам. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Диссертационное исследование Карпова Сергея Ивановича представляет завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена фундаментальная научная проблема, имеющая существенное значение для развития физической химии. Диссертация соответствует паспорту специальности 02.00.04 – физическая химия, а именно как научное исследование о количественных взаимодействиях между химическим составом, структурой вещества и его свойствами, в том числе в (п. 3) – Установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях, (п. 7) – Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, (п. 10) – Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции, согласно которым в диссертационной работе изучены роль наноструктурированности в сорбционных свойствах кремнеземов различной степени упорядоченности. В диссертационной работе Карпова С.И. содержится решение задачи, имеющей важное теоретическое и практическое значение, она вносит значительный вклад в физическую химию сорбционных процессов.

По объему выполненных исследований, актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Карпова Сергея Ивановича «Кинетика и динамика сорбции полифенольных физиологически активных веществ наноструктурированными материалами» соответствует требованиям п.п. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. постановления Правительства РФ от 21.04.2016 г. № 335), а ее автор, Карпов Сергей Иванович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.04 – физическая химия.

Содержание работы, автореферат и отзыв на диссертацию Карпова С.И. рассмотрены и одобрены на заседании расширенного лабораторного коллоквиума Института физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина РАН «21» января 2021 г., протокол № 1 от 21.01.2021 г.

На заседании присутствовали:

директор института член-корреспондент РАН Буряк А.К., профессора: Е.В. Веницианов, В.А. Иванов, А.И. Калиничев, С.Н. Ланин, П.Н. Нестеренко, А.В. Пирогов, И.А. Родин; доктора наук: А.М. Долгоносов, А.И. Ревельский, Хамизов Р.Х.; кандидаты наук: С.А. Боровикова, С.А. Бусев, Л.Н. Коломиец, Н.П. Платонова, К.В. Пономарев, И.С. Пыцкий, Б.Р. Сайфутдинов, Ю.В. Самухина, О.Г. Татаурова, А.В. Ульянов, В.Б. Хабаров, А.Д. Шафигулина, А.Ю. Шолохова, Э.С. Якубов, С.Д. Ярцев.

Председатель Секции
д.х.н., проф. А.И. Калиничев

Секретарь Секции
к.ф.-м.н., н.с. Ю.В. Самухина

Отзыв составил:

д.х.н., профессор,
гл. н.с. лаборатории физико-химических
основ хроматографии и хромато-масс-спектрометрии
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Института физической химии и
электрохимии им. А. Н. Фрумкина
РАН (ИФХЭ РАН)» А.И. Калиничев
E-mail: kalina@phyche.ac.ru
119071, г. Москва, Ленинский пр-т, 31, стр.4
Тел. +7(495) 954-86-73, +7(495) 955-46-01

Подписи Анатолия Ивановича Калиничева и
Юлии Владимировны Самухиной заверяю

Зам. начальника отдела кадров ИФХЭ РАН И.М. Грачева