



«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор

РХТУ им. Д. И. Менделеева,
доктор химических наук

Л. Г. Мажуга

« 13 » мая 2021г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждение
высшего образования «Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева» по диссертационной работе

Ощепкова Максима Сергеевича на тему «Разработка технологии
получения и исследование новых флуоресцирующих ингибиторов
солеотложения для водооборотных систем и установок обратного осмоса»
представленной на соискание ученой степени доктора химических наук по
специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений

Диссертационная работа "Разработка технологии получения и исследование
новых флуоресцирующих ингибиторов солеотложения для водооборотных систем
и установок обратного осмоса" выполнена на кафедре химии и технологии
биомедицинских препаратов Российского химико-технологического университета
имени Д.И. Менделеева. В период подготовки диссертации соискатель Ощепков
Максим Сергеевич работал доцентом кафедры Химии и технологии
биомедицинских препаратов Российского химико-технологического университета
имени Д.И. Менделеева, выполнял все виды педагогической нагрузки,
одновременно работал заместителем заведующего кафедрой. Под его руководством
были защищены две кандидатские диссертации.

В 2009 г. М.С. Ощепков окончил Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-
технологический университет имени Д.И. Менделеева» по специальности

"Химическая технология органических веществ" с присвоением квалификации "инженер". В 2012 г. Максим Сергеевич защитил кандидатскую диссертацию по теме «Разработка методов синтеза и исследование новых азакраун-соединений» по специальностям 02.00.03 – органическая химия, 02.00.04 – физическая химия. 16 марта 2018 г. присвоено звание доцент по специальности органическая химия.

Научный консультант: доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Лаборатории № 4 ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС» Попов Константин Иванович.

Диссертационная работа Ощепкова М.С. была рассмотрена на расширенном заседании кафедры химии и технологии биомедицинских препаратов.

Выписка из протокола № 10 расширенного заседания кафедры Химии и технологии биомедицинских препаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» от 13 мая 2021 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Декан факультета ХФТ к.т.н. Р.В. Якушин, Зав. кафедрой технологии тонкого органического синтеза и химии красителей д.х.н., проф. Перевалов В.П.; Зав. кафедрой химической технологии углеродных материалов д.х.н., проф. Бухаркина Т.В.; и.о. зав кафедрой к.х.н., доцент, Ощепков М.С.; д.х.н., проф. Коваленко Л.В.; д.х.н., проф. Офицеров Е.Н.; д.х.н., проф. Кочетков К.А. д.х.н., проф. Гельперина С.Э.; к.х.н. доцент Ю.В. Ермоленко, к.х.н., доцент Поливанова А.Г., к.х.н., доцент Крыщенко Ю.К., к.х.н., доцент Ткаченко С.В., к.х.н., доцент Соловьева И.Н., к.х.н., доцент Калистратова А.В., к.х.н., асс. Яременко И.А., асс. Мыльникова А.Н.

Председатель заседания: декан факультета ХФТ к.т.н. Р.В. Якушин

Секретарь заседания: к.х.н. Поливанова А.Г.

Слушали: доклад

по диссертационной работе Ощепкова Максима Сергеевича на тему «Разработка технологии получения и исследование новых флуоресцирующих ингибиторов солеотложения для водооборотных систем и установок обратного осмоса» по специальности 02.00.08 – химия элементоорганических соединений. В

"Химическая технология органических веществ" с присвоением квалификации "инженер". **В 2012 г.** Максим Сергеевич защитил кандидатскую диссертацию по теме «Разработка методов синтеза и исследование новых азакраун-соединений» по специальностям 02.00.03 – органическая химия, 02.00.04 – физическая химия. 16 марта 2018 г. присвоено звание доцент по специальности органическая химия.

Научный консультант: доктор химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Лаборатории № 4 ГНЦ РФ АО «ГНИИХТЭОС» Попов Константин Иванович.

Диссертационная работа Ощепкова М.С. была рассмотрена на расширенном заседании кафедры химии и технологии биомедицинских препаратов.

Выписка из протокола № 10 расширенного заседания кафедры Химии и технологии биомедицинских препаратов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» от 13 мая 2021 г.

ПРИСУТСТВОВАЛИ:

Декан факультета ХФТ к.т.н. Р.В. Якушин, Зав. кафедрой технологии тонкого органического синтеза и химии красителей д.х.н., проф. Перевалов В.П.; Зав. кафедрой химической технологии углеродных материалов д.х.н., проф. Бухаркина Т.В.; и.о. зав кафедрой к.х.н., доцент, Ощепков М.С.; д.х.н., проф. Коваленко Л.В.; д.х.н., проф. Офицеров Е.Н.; д.х.н., проф. Кочетков К.А. д.х.н., проф. Гельперина С.Э.; к.х.н. доцент Ю.В. Ермоленко, к.х.н., доцент Поливанова А.Г., к.х.н., доцент Крыщенко Ю.К., к.х.н., доцент Ткаченко С.В., к.х.н., доцент Соловьева И.Н., к.х.н., доцент Калистратова А.В., к.х.н., асс. Яременко И.А., асс. Мыльникова А.Н.

Председатель заседания: декан факультета ХФТ к.т.н. Р.В. Якушин

Секретарь заседания: к.х.н. Поливанова А.Г.

Слушали: доклад

по диссертационной работе Ощепкова Максима Сергеевича на тему «Разработка технологии получения и исследование новых флуоресцирующих ингибиторов солеотложения для водооборотных систем и установок обратного осмоса» по специальности 02.00.08 – химия элементоорганических соединений. В

своем докладе он изложил основные результаты работы, подчеркнул актуальность исследуемых проблем и их значимость в современных условиях.

В ходе обсуждения диссертанту были заданы следующие вопросы:

д.х.н., профессор Л.В. Коваленко: Почему в работе была выбрана оптическая платформа на основе 1,8-нафталимида? Какими методами осуществляли выделение флуоресцирующих бисфосфонатов?

д.х.н., проф. Перевалов В.П.: Почему выход продуктов ацилирования этилендиамина и аллил амина выше, чем при использовании гексаметилендиамина в условиях микропотока?

д.х.н., профессор Е.Н. Офицеров:

Какие основные преимущества и недостатки микрофлюидных технологий вы наблюдали в своей работе? Чем Вы объясняете более узкое молекулярно-массовое распределение ингибитора солеотложения в условиях микропотока по сравнению с колбой.

д.х.н., С.Э. Гельперина:

Какие перспективы применения имеют флуоресцентные бисфосфонаты в медицине?

д.х.н., проф. Бухаркина Т.В.:

Каким образом оценивали концентрацию остаточного флуоресцентного мономера после проведения синтеза полимерного ингибитора солеотложения? Почему при проведении замещения хлора в 4 положении 1,8-нафталевого ангидрида различными аминами реакция не идет по ангидридной группе, несмотря на ее более высокую реакционную способность?

д.х.н., К.А. Кочетков:

Почему реакция нуклеофильного замещения хлора в 4 положении 1,8-нафталемида в условиях микропотока протекает лучше в ДМФА, а в колбе нет существенного отличия в выходе и частоте продукта при проведении данной реакции в этилцелозольве и ДМФА? Как вы видите дальнейшее развитие понимания механизма формирования отложений?

По итогам обсуждения диссертации принято следующее заключение:

Диссертационная работа Ощепкова М.С. затрагивает актуальные проблемы в области современной химии элементоорганических соединений, направлена на

разработку технологии получения нового поколения флуоресцирующих ингибиторов солеотложений, в том числе с применением микрофлюидных технологий, уточнение на их основе механизма действия ингибиторов с помощью флуоресцентной визуализации, с целью развития нового класса соединений для автоматизированного контроля водохимического режима и совершенствования на базе новых представлений о механизме ингибирования солеотложения практики применения ингибиторов в технологиях циркуляционных теплообменных систем, опреснения и деминерализации морских и артезианских вод.

Актуальность работы. Создание современных отечественных реагентов для стабилизации водо-химического режима, в частности, ингибиторов солеотложения, обеспечивающих автоматизацию и контроль производственного процесса водоподготовки, является актуальной задачей. Общепризнанным и наиболее эффективным средством борьбы с процессом солеотложения в различных системах водопользования, как в России, так и за рубежом, является применение ингибиторов: производные фосфоновых кислот и различные модификации поликарбоксилатов. Кроме того, прорывным решением в организации их производства представляется микрофлюидная технология, до настоящего времени для этих целей не применявшаяся.

Однако для полиакрилатов существует проблема аналитического контроля содержания ингибиторов на различных объектах теплоэнергетики и нефтедобывающего комплекса. Для фосфонатов эта проблема стоит не столь остро, однако существующие методы контроля не позволяют автоматизировать этот процесс и осуществлять мониторинг в режиме реального времени.

Наиболее перспективным решением представляется флуоресцентный метод контроля, который предполагает «встраивание» флуоресцентной метки непосредственно в структуру полимерного ингибитора и его мониторинг в режиме «on-line» (реального времени).

Вместе с тем, собственно теория действия фосфоновых и полимерных ингибиторов солеотложений имеет, на данном этапе, немало пробелов и нуждается в уточнении. Визуализация локализации ингибитора в процессе формирования карбонатных и сульфатных отложений за счёт встраивания в его молекулу флуоресцентной метки открывает новые возможности **решения** и этой задачи.

Кроме того, флуоресцентные бисфосфонаты представляют интерес для медицины в качестве сенсоров кальцификации мягких тканей человека.

В настоящее время в России не производятся отечественные полимерные флуоресцентные ингибиторы, а фосфорсодержащие флуоресцентные ингибиторы отсутствуют как в России, так и за рубежом. Таким образом, актуальность данного исследования обусловлена необходимостью создания новых отечественных ингибиторов со встроенными флуоресцентными метками, новых методов контроля концентрации ингибиторов солеотложения в режиме реального времени и уточнения теоретических основ действия ингибиторов.

Данная тематика соответствует Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации: «Рациональное природопользование», «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика», и поддержана Правительством РФ в рамках ФЦП, серии грантов РФФИ и Российского научного фонда (РНФ): ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы»; соглашение о предоставлении субсидии: № 14.582.21.0007, Проект РФФИ 17-08-00061, Разработка методов синтеза флуоресцентных бисфосфонатов удостоена гранта РФФИ № 18-33-00303; РНФ 19-79-10220.

Степень достоверности результатов. обеспечивалась использованием современных сертифицированных и поверенных приборов для определения структуры и чистоты полученных соединений (спектроскопии ^1H , ^{13}C ЯМР, УФ-спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), флуоресцентной спектрофотометрии, электронной сканирующей и флуоресцентной микроскопии). Результаты исследования интерпретировались на основании статистически обработанных данных, что обеспечило достоверность количественных оценок и исключило субъективность заключений.

Полученные в работе результаты грамотно интерпретированы. Научные положения и **выводы**, сформулированные автором **достоверны и не вызывают сомнений**.

Личный вклад автора заключается выборе направления диссертационного исследования, постановка цели и задач, формирование плана, **обсуждение**

результатов, формулирование выводов проводилось совместно с научным консультантом. В диссертационной работе представлены, обсуждены и обобщены результаты, полученные лично автором, либо при его непосредственном участии. Автором проведен обзор и анализ данных литературы, выполнен химический эксперимент, осуществлена интерпретация, описание, систематизация результатов, обработаны и обобщены результаты опытных испытаний, оформлены научные статьи и заявки на патенты.

Научная новизна результатов

В работе решена важная научно-прикладная задача – создание на оптической платформе 1,8-нафталимида химических соединений для автоматизированного *on-line* контроля содержания ингибиторов солеотложения на объектах водоподготовки, основанных на флуоресцентном контроле их концентрации.

Разработаны и реализованы два различных подхода к синтезу серии новых, ранее не описанных флуоресцентных бисфосфонатов на основе 1,8-нафталимида, показана возможность *N*-ацилирования аминобисфосфоновых кислот. Проведено исследование их ингибирующей эффективности и оптических свойств.

Впервые в мировой практике в условиях микропотока получен флуоресцентный полимерный ингибитор солеотложения.

Предложен принципиально новый подход для контроля концентрации фосфорсодержащих ингибиторов солеотложения (оргanoфосфонатов и пирофосфатов), основанный на новых флуоресцентных сенсорных материалах.

Впервые продемонстрировано, что применение условий синтеза в микропотоке по сравнению с классическими условиями (в колбе) является целесообразным для протекающих с большой скоростью реакций хлорирования и *N*-ацилирования на примере многостадийного синтеза новых флуоресцентных маркеров на основе 1,8-нафталимида.

Впервые осуществлена визуализация ингибитора в процессе выделения таких малорастворимых солей, как гипс, кальцит и барит, в статических условиях и в динамических условиях образования отложений на мембранах обратного осмоса с применением флуоресцентного бисфосфоната и флуоресцентного полимера, что позволило существенно продвинуться в понимании механизмов формирования отложений и в разработке стратегий борьбы с ними.

Выявлено, что вопреки современным представлениям при формировании зародышей кристаллов солеотложений доминирующим является не механизм спонтанной гомогенной ассоциации ионов кальция/бария и сульфата, а гетерогенный механизм сорбции этих ионов на частицах «нанопыли». Соответственно, ингибитор блокирует не зародыш кристалла гипса/барита, а поверхность посторонних нано- и микрочастиц.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты диссертационного исследования дополняют имеющиеся фундаментальные знания о природе взаимодействия в системах «пересыщенный раствор – ингибитор» и «раствор-ингибитор-мембрана» в процессе обратного осмоса. Это, в свою очередь, позволяет выработать рекомендации по оптимизации природы ингибитора, его дозировок в водооборотных системах на объектах теплоэнергетики и в процессах деминерализации и обессоливания морских и артезианских вод для важного в практическом отношении случая минеральных отложений на поверхности мембран.

Результаты проведенного исследования вносят значительный вклад в работу по поиску и оптимизации методов синтеза флуоресцентных маркеров и полимерных ингибиторов солеотложений с применением микрофлюидных технологий.

Совместно с сотрудниками АО НЦ «Малотоннажная химия» и АО «ЭКОС-1» разработана и внедрена технология получения полимерных ингибиторов солеотложения, содержащих флуоресцентную метку. Проведены стендовые и опытно-промышленные испытания. Показана высокая ингибирующая эффективность и оптическая стабильность в реальных условиях. Разработанный ингибитор солеотложения может быть использован в качестве доступной альтернативы для дорогостоящих и гораздо менее экологичных европейских и американских аналогов.

Оригинальность разработок подтверждена четырьмя патентами и одной заявкой на изобретения РФ, а их востребованность – двумя Актами внедрения результатов работы (на производственной площадке АО «ЭКОС-1»), а также высокой цитируемостью публикаций по проведенным исследованиям.

Материалы диссертационной работы Ощепкова М.С. представляют научный и практический интерес с точки зрения современной органической и элементоорганической химии и могут быть использованы в следующих организациях: ИНЭОС РАН им. А.Н.Несмеянова, ИОХ РАН им. Н.Д. Зелинского, «МИРЭА – Российский технологический университет», ИБХ РАН им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А.Овчинникова, Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, ИТХТ им. М. В. Ломоносова, ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет", ГосНИИОХТ, Московский государственный университет инженерной экологии, а также в учреждениях связанных с промышленной реагентной водоподготовкой: «НИУ «МЭИ», НИУ «Московский государственный строительный университет» (НИУ «МГСУ»), НП «Российское теплоснабжение».

Соответствие диссертации требованиям, установленным п. 14 «Положении о присуждении ученых степеней»

Диссертация и автореферат Ощепкова М.С. прошли проверку на наличие заимствований в системе «Антиплагиат ВУЗ», в результате которой выявлено, что диссертация содержит 95,94 % оригинального текста.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Диссертационная работа Ощепкова М.С. соответствует паспорту специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений (химические науки) в части п.1 «Синтез, выделение и очистка новых соединений»; п.2 «Разработка новых и модификация существующих методов синтеза элементоорганических соединений»; п.6 «Выявление закономерностей типа “структура – свойство”» и п.7 «Выявление практически важных свойств элементоорганических соединений», полностью соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям в рамках Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 N 842 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020) "О порядке присуждения ученых степеней" (вместе с "Положением о присуждении ученых степеней")

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Основные результаты диссертации изложены в 51 печатной работе: 22 статьях в научных журналах, включенных в перечень ВАК, 7 из них опубликованы

в журналах уровня Q1, 21 индексируются в системе SCOPUS и WOS; 4 патента и 21 тезисов докладов. Таким образом, результаты диссертационной работы отражены в публикациях достаточно полно.

Апробации работы

Основные результаты работы были представлены на 14-ой международной выставке: Desalination for the Environment: Clean Water and Energy (Rome, Italy 2016), «Аналитика Экспо 2016» (2016); 11-ой научно-практической конференции: «Москва, Молодежные научно-инновационные проекты Московской области» (Реутов, 2016); Молодежных конференциях ИОХ РАН (Москва, 2019); международных молодежных научных форумах «ЛОМОНОСОВ» (Москва, 2017-2021); Научно-практических конференциях «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования» в рамках Международной выставки «Химия» (ЦВК «Экспоцентр», Москва, 2017, 2019); 8th European Chemistry Congress (Paris, France, 2018); научной конференции «Динамические процессы в химии элементоорганических соединений» (Казань, 2018). International exhibition «ACHEMA-2018» (Frankfurt am Main, Germany, 2018); XVI Международной конференции «Спектроскопия координационных соединений» (Краснодар, 2019); XXI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии (г. Санкт-Петербург, 2019); II Научно-практический семинар «Люминесценция и ее применение в народном хозяйстве» (Москва, 2020); «Полимеры в стратегии научно-технического развития РФ «Полимеры-2020» (Москва, 2020); International exhibition and conference «CORROSION 2021» (Salt Lake City, USA, 2021).

Согласно данным РИНЦ и SciFinder публикации по теме диссертации также прошли апробацию. Они неоднократно процитированы независимыми группами исследователей, работающими в области ингибирования солеотложений в России и за рубежом: проф. N. Jha (University of Manitoba, Канада), проф. W. Zhu (China University of Geosciences, Beijing, КНР); проф. M.E.A. Ali (Desert Research Center, Cairo, Египет), проф. S.M. Zubair (King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dharam, Саудовская Аравия), проф. Malcolm A. Kelland (University of Stavanger Stavanger, Норвегия), проф. R.D.C. Balaban (Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Бразилия), проф. X.Q. Zhang (Nanjing Normal University, КНР), проф. Z. Syrgannis (University of Trieste, Италия), проф. M.A. Al-Ghouti (Quatar University, Катар), проф. T.D. Rathnaweera (Monash University, Австралия), проф. Liane G. Benning (University of Leeds, Великобритания), проф. Mazumder, M. A. J. (King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dharam, Саудовская Аравия), проф. А.Г. Первовым (МГСУ, Москва).

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

Главы в книгах

1. Popov K., Oshchepkov M. Fluorescent markers in water treatment, in Desalination and Water Treatment// Eds.: M. Eyvaz and E. Yüksel, InTech London, United Kingdom, 2018. — 412 p. — 311-331 p.
2. Oshchepkov M., Tkachenko S., Popov K. Synthesis, properties and applications of novel fluorescent-tagged scale inhibitors in water treatment, in Water-Formed Deposits: Fundamentals and Mitigation Strategies// Eds.: Amjad, Z. and Demadis, K., Elsevier Inc, 2021.
3. Popov K., Oshchepkov M. Mechanisms of scale inhibition derived from a fluorescent-tagged antiscalant visualization, in Water-Formed Deposits: Fundamentals and Mitigation Strategies// Eds.: Amjad, Z. and Demadis, K., Elsevier Inc, 2021.

Статьи в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий и входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования:

1. Oshchepkov M., Golovesov V., Ryabova A., Tkachenko S., Redchuka A., Rönkkömäkie H., Rudakova G., Pervov A., Popov K. Visualization of a novel fluorescent-tagged bisphosphonate behavior during reverse osmosis desalination of water with high sulfate content// Separation and Purification Technology. – 2021. - Vol.255.- P. 117382. **Scopus (Q1), IF-6.195.**
2. Oshchepkov A.S., Oshchepkov M.S., Oshchepkova M.V., Al-Hamry A., Kanoun O., Kataev E.A. Naphthalimide-based fluorescent polymers for molecular detection// Adv. Optical Mater.- 2021,- P. 2001913 **Scopus (Q1), IF-8.695.**
3. Ощепков М.С., Рудакова Г.Я., Ткаченко С.В., Ларченко В.Е., Попов К.И., Тушева М.А. Современное состояние теории действия ингибиторов солеотложений (обзор). //Теплоэнергетика. -2021, - № 5, с. 370–380. **SCOPUS (Q2), IF-0.920.**
4. Popov K., Oshchepkov M., Kovalenko A., Redchuk A., Dikareva J., Pochitalkina I. Scale nucleation natural precursors: a case study of “micro/nanodust” impurities nature in laboratory aqueous samples obtained from Moscow tap water// Int. J. Corros. Scale Inhib.- 2020- Vol.9. -№3 - P. 1097-1112. **Scopus (Q3), IF-1.696.**
5. Oshchepkov A., Oshchepkov M., Kamagurov S., Redchuk A., Oshchepkova M., Popov K., Kataev E. Fluorescence detection of phosphonates in water by a naphthalimide-based receptor and derived cryopolymers //New Journal of Chemistry. – 2020. – Vol. 44. – №. 28. – P. 12113-12121. **Scopus (Q1), IF-3.347.**
6. Oshchepkov A., Oshchepkov M., Pavlova G., Ryabova A., Kamagurov S., Tkachenko S., Frolova S., Redchuk A., Popov K., Kataev E. Naphthalimide-functionalized bisphosphonates for fluorescence detection of calcification in soft tissues// Sensors and Actuators: B. Chemical. – 2020. – Vol. 314. - P. 128047-128057 **Scopus (Q1), IF-7.290.**
7. Oshchepkov M., Solovieva I., Menkov A., Tkachenko S., Udovenko V., Popov K. Continuous flow microfluidic implementation of a fluorescent marker into a polyacrylate moiety// J Flow Chem.- 2020.- Vol. 10(3) . - P. 545-550 **Scopus (Q1), IF-3.644.**
8. Oshchepkov M., Semyonkin A., Menkov A., Melnikov P., Valikhov M., Solov'eva I., Tkachenko S., Malinowskaya J. Microflow synthesis of fluorescent markers based on 1,8-naphthalimide for polylactide nanoparticles // Mendeleev Communications.- 2020.- Vol.30(6) . – P. 747-749 **Scopus (Q2), IF-1.859.**

9. Oshchepkov M., Popov K., Kovalenko A., Redchuk A., Dikareva J., Pochitalkina I. Initial stages of gypsum nucleation: the role of “nano/microdust/ // Minerals.- 2020. - Vol. 10(12), - P. 1083 -1096. **Scopus (Q2), IF-2.657.**
10. Oshchepkov M., Golovesov V., Ryabova A., Frolova S., Tkachenko S., Kamagurov S., Rudakova G., Popov K. Synthesis and visualization of a novel fluorescent-tagged polymeric antiscalant during gypsum crystallization in combination with bisphosphonate fluorophore // Crystals -2020, - Vol. 10. - № 11. - P. 992-1008. **Scopus (Q2), IF-2.490.**
11. Oshchepkov M., Golovesov V., Ryabova A., Redchuk A., Tkachenko S., Pervov A., Popov K. Gypsum crystallization during reverse osmosis desalination of water with high sulfate content in presence of a novel fluorescent-tagged polyacrylate // Crystals - 2020, - Vol. 10. - № 4. - P. 309-335. **Scopus (Q2), IF-2.490.**
12. Oshchepkov M., Tkachenko S., Popov K. Synthesis and applications of fluorescent-tagged scale inhibitors in water treatment. A review// Int. J. Corros. Scale Inhib.- 2019- Vol.8. -№3 - P. 480-511. **Scopus (Q3), IF-1.696.**
13. Oshchepkov M., Popov K., Ryabova A., Redchuk A., Tkachenko S., Dikareva J., Koltinova E. Barite crystallization in presence of novel fluorescent-tagged antiscalants// Int. J. Corros. Scale Inhib.- 2019- Vol.8. -№4 - P. 998-1021. **Scopus (Q3), IF-1.696.**
14. Oshchepkov M.S., Pervov A.G., Golovesov V.A., Rudakova G.Ya., Kamagurov S.D., Tkachenko S.V., Andrianov A.P., Popov K.I. Use of a fluorescent antiscalant to investigate scaling of reverse osmosis membranes //Membranes and Membrane Technologies. – 2019. – Vol. 1. – №. 4. – P. 254-266. **WOS.**
15. Popov K., Oshchepkov M., Afanas'eva E., Koltinova E., Dikareva Y., Rönkkömäki H. A new insight into the mechanism of the scale inhibition: DLS study of gypsum nucleation in presence of phosphonates using nanosilver dispersion as an internal light scattering intensity reference // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects- 2019- Vol. 560 -P. 122-129. **Scopus (Q2), IF-4.210.**
16. Oshchepkov M., Kamagurov S., Tkachenko S., Ryabova A., Popov K. Insight into the mechanisms of scale inhibition: a case study of a task-specific fluorescent-tagged scale inhibitor location on gypsum crystals // ChemNanoMat. – 2019. – Vol. 5. – № 5. – P. 586–592. **Scopus (Q1), IF-3.266.**
17. Popov K. I., Oshchepkov M. S., Shabanova N. A., Dikareva Yu. M., Larchenko V. E., Koltinova E. Ya. DLS study of a phosphonate induced gypsum scale inhibition mechanism using indifferent nanodispersions as the standards of a light scattering intensity comparison// Int. J. Corros. Scale Inhib. – 2018- Vol.7. - №1 - P. 9-24. **Scopus (Q3), IF-1.696.**
18. Коваленко Л.В., Ощепков М.С., Мыльникова А. Н., Удовенко В.А., Меньков А.О., Семчукова М.И., Соловьева И.Н. Конструкционные особенности микрофлюидных устройств и области их применения // Бутлеровские сообщения. - 2018.- Т. 55. -№ 9. - С. 91-105. **Журнал из перечня ВАК.**
19. Kamagurov S., Oshchepkov M., Nazarov D.G., Mancini S., Popov K., Tkachenko S., Rudakova G. Performance of a novel fluorescent-tagged polyacrylate at a cooling tower test facility: a bench-scale and industrial-scale evaluation // Int. J. Corros. Scale Inhib. – 2018. – Vol. 7. – №. 3. – P. 418-426. **Scopus (Q3), IF-1.696.**
20. Popov K., Oshchepkov M., Kamagurov S., Tkachenko S., Tusheva M., Dikareva Ju., Rudakova G. Synthesis and properties of novel fluorescent-tagged polyacrylate-based scale inhibitors //Journal of Applied Polymer Science. – 2017. – Vol. 134. – №. 26. – P. 45017-45027. **Scopus (Q2), IF-2.668.**

... new copolymer gels based on N,N-dimethylacrylamide and crown-containing allyl derivative of 1,8-naphthalimide as optical sensors for metal cations in an organic medium// Doklady Physical Chemistry – 2017. – Vol. 476. – №. 2. – P. 181-185. Scopus (Q3), IF-0.710.

22. Oshchepkov A.S., Oshchepkov M. S., Arkhipova A.N., Panchenko P.A., Fedorova O.A. Synthesis of the 4-nitro-N-phenyl-1,8-naphthalimide annulated to thia- and azacrown ether moieties// Synthesis -2017 -Vol. 49 - P. 2231–2240. Scopus (Q1), IF-2.694.

Статьи в журналах входящих в базу РИНЦ.

23. Камагуров С.Д., Ощепков М.С., Попов К.И., Ткаченко С.В., Трохин В.Е., Трухина М.В. Многостадийный синтез флуоресцентных полимеров с применением микрофлюидных технологий на производственной базе ГК «ЭКОС-1» // Лаборатория и производство. - 2021- том 21 -№ 1 - с. 110-120. РИНЦ.

24. Павлов В. А., Меньков А.О., Семчукова М.И., Соловьева И.Н., Ощепков М.С. Синтез 4-хлор-1,8-нафталевого ангидрида с применением микрофлюидных технологий// Успехи в химии и химической технологии. -2020.- Т. 34. -№ 8. - С. 51-53. РИНЦ.

25. Oshchepkov M.S., Kovalenko L.V., Kotova Yu.O., Solov'eva I.N., Bystrova N.A., Kochetkov K.A. Potential of application of microfluidic devices in preparative chemistry// INEOS OPEN.- 2020. -Vol.3 -P. 92-98. РИНЦ.

26. Ощепков М.С., Попов К.И. Современные методы флуоресцентного контроля в промышленной водоподготовке // Лаборатория и производство. - 2019- том 5 -№ 1 - с. 110-120. РИНЦ.

27. Рудакова Г.Я., Попов К.И., Ощепков М.С., Первов А.Г., Андрианов А. П. Новые отечественные полимерные ингибиторы солеотложений «АМЕТЕК РО-1» И «АМЕТЕК РО-2» для предотвращения отложения минеральных солей в установках обессоливания и ороснения морской воды// Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. - 2018- №2 - С. 44-49. РИНЦ.

Патенты РФ на изобретение:

1. Пат. 2605697 РФ. Способ получения биоразлагаемого ингибитора солеотложений / С.Д. Камагуров, Н.Е. Ковалева, М.С. Ощепков, К.И. Попов, Г.Я. Рудакова. - № 2015151471/04; заявл. 02.12.2015; опубл. 02.12.2016, Бюл. 36.

2. Пат. 2640339 РФ. Флуорофор и способ получения ингибитора солеотложений, содержащего флуорофор в качестве флуоресцентной метки / С. Д. Камагуров, Н. Е. Ковалева, М. С. Ощепков, К. И. Попов, Е. С. Старкова, С. В. Ткаченко. - № 2016114308; заявл. 13.04.2016; опубл. 27.12.2017, Бюл. 36.

3. Пат. 2660651 РФ. Низкомолекулярные сополимеры моноэтилененасыщенных карбоновых кислот и их применение в качестве ингибиторов солеотложения в водооборотных системах / Ю. М. Дикарева, С. Д. Камагуров, М. В. Трухина, М. С. Ощепков, К. И. Попов. - № 2017115621; заявл. 04.05.2017; опубл. 09.07.2018, Бюл. 19.

4. Пат. 2699104 РФ. Новые флуоресцентные производные а-гидрокси-бисфосфонатов в качестве ингибиторов солеотложений, и способы их получения / К. И. Попов, С. Д. Камагуров, С. Ю. Фролова, М. С. Ощепков, С. В. Ткаченко, Д. А. Рубцова. - № 2018126460; заявл. 18.07.2018; опубл. 03.09.2019, Бюл. 25.

5. Заявка на патент 2020106266 РФ. Способ получения полимерного ингибитора солеотложений для водооборотных систем / Гусева О.В., Камагуров С.Д., Ткаченко С.В., Попов К.И., Ощепков М.С. 2020

ПОСТАНОВИЛИ:

Диссертация "Разработка технологии получения и исследование новых флуоресцирующих ингибиторов солеотложения для водооборотных систем и установок обратного осмоса" Ощепкова Максима Сергеевича полностью соответствует требованиям по пп. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" ВАК Минобрнауки России, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к докторским диссертациям, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений (химические науки).

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Химии и технологии биомедицинских препаратов РХТУ им. Д.И. Менделеева 13 мая 2021 г., протокол №10

На заседании присутствовало 16 человек

Результаты голосования: "за" — 16 чел., "против" — 0 чел., "воздержалось" — 0 чел.

Председатель заседания

Р.В. Якушин

Секретарь заседания

А.Г. Поливанова