

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ощепкова Максима Сергеевича  
«РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ  
ФЛУОРЕСЦИРУЮЩИХ ИНГИБИТОРОВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ ДЛЯ  
ВОДОБОРОТНЫХ СИСТЕМ И УСТАНОВОК ОБРАТНОГО ОСМОСА»,  
представленной на соискание ученой степени  
доктора химических наук  
по специальности 1.4.8 – Химия элементоорганических соединений

Диссертационное исследование М.С. Ощепкова посвящено синтезу и разработке технологии получения нового поколения флуоресцентных ингибиторов солеотложений, уточнению механизма действия ингибиторов с помощью флуоресцентной микроскопии, и разработке способов применения ингибиторов в технологиях циркуляционных теплообменных систем, опреснения и деминерализации морских и артезианских вод. В качестве нового способа получения флуоресцентных ингибиторов в работе применяется синтез на основе 1,8-нафталимида с применением микрофлюидных технологий. В работе рассмотрены два типа флуоресцентных ингибиторов:  $\alpha$ -гидроксисифосфонаты и флуоресцентные полимеры на основе акриловой кислоты.

Актуальность работы связана с огромной практической важностью разработки и получения новых флуоресцентных маркеров, которые в настоящее время находят все более широкое применение в таких разных и практически значимых областях исследований, как медицина, фармакология и огромный ряд химико-биологических исследований, так как визуализация позволяет получать информацию об исследуемом материале за минимальное время без инвазивного воздействия. Особый интерес в работе представляет новый синтетический подход – использование микрофлюидных технологий, которые чрезвычайно активно и интенсивно развиваются европейскими и американскими исследователями и технологами. Отдельного внимания заслуживает предложенный автором новый подход к уточнению теории действия ингибиторов минеральных отложений, дополненный и расширенный за счет применения новых флуоресцентных ингибиторов, полученных в работе. Визуализация ингибиторов в процессе образования отложений с применением флуоресцентной микроскопии позволила получить новые данные о механизме действия ингибиторов разной природы (фосфонатной и полимерной), что крайне важно и ценно, как с точки зрения развития теории отложений, так и для практического применения ингибиторов в водооборотных системах.

Актуальность и соответствие результатов научных исследований Ощепкова М.С. Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации подтверждается большим количеством проектов российских научных фондов и федеральных целевых программ, в которых участвовал и которыми руководил соискатель.

Ощепковым М.С. разработаны новые методы получения флуоресцентных ингибиторов солеотложения двух типов: на основе бисфосфонатов и на основе полиакриловой кислоты, в том числе – с применением микрофлюидных технологий; оптимизированы методы получения флуоресцентных ингибиторов солеотложения с применением микрофлюидных технологий; в рамках лабораторных, стендовых и опытно-промышленных испытаний проведено исследование люминесцентных и ингибирующих свойств синтезированных флуоресцентных ингибиторов солеотложения; разработан метод получения флуоресцентного сенсорного материала для контроля концентрации фосфорсодержащих ингибиторов солеотложения (органофосфонатов и пирофосфатов); впервые в мировой практике получены данные по визуализации ингибиторов в процессе формирования отложений гипса и кальцита, позволяющие внести новые уточнения в современную теорию ингибирования.

Подавляющее большинство результатов научного исследования Ощепкова М.С. получено впервые. К этим результатам прежде всего относится получение в условиях микропотока новых флуоресцентных бисфосфонатов на основе 1,8-нафталимида, получение новых сенсорных материалов для on-line и on-operando контроля осадкоотложений; флуоресцентная визуализация ингибиторов в составе зародышей кристаллов и в массивах солеотложений в мембранных пакетах обратноосмотических модулей, в том числе двойная визуализация в одной системе ингибиторов разной природы и с разными люминесцентными откликами; новые представления о механизмах действия ингибиторов в процессе осадкообразования на примерах соединений ионов кальция, бария и сульфатов.

Результаты диссертационной работы Ощепкова М.С. имеют большую практическую значимость и вносят значительный вклад в работу по оптимизации методов синтеза флуоресцентных маркеров и полимерных ингибиторов солеотложений с применением микрофлюидных технологий; созданные экологически безопасным способом на основе акриловой кислоты ингибиторы с высокой эффективностью и возможностью on-line мониторинга содержания ингибиторов в производственных условиях на объектах теплоэнергетики могут быть использованы в качестве доступной альтернативы для дорогостоящих и гораздо менее экологичных европейских и

американских аналогов, что делает их крайне перспективными для дальнейшего промышленного применения на различных предприятиях водоподготовки. Отдельно стоит отметить практическую значимость применения полученных в работе флуоресцентных производных и бисфосфонатов для широкого ряда медико-биологических исследований, в частности, они могут быть очень полезны для визуализации процессов патологической кальцификации мягких тканей и кальций-чувствительных опухолей, а также создания наносистем доставки молекул лекарственных препаратов с бисфосфонатным вектором.

Около половины статей соискателя опубликовано в авторитетных изданиях первого и второго квартала, что свидетельствует о высоком научном уровне проделанной работы. Результаты исследований прошли апробацию на большом количестве разнообразных профильных российских и международных конференций, что также подтверждает соответствие проделанных исследований мировому уровню.

В качестве **замечаний**, которые ни в коей мере не умоляют научной и практической ценности представленных в диссертационной работе результатов и не снижают достоинств исследования, можно отметить следующее.

1. В автореферате не везде представлен состав используемых в работе «рассолов» (рассол бария, сульфатный рассол).
2. В структуре ингибитора РАА-F2 присутствует двойная связь, которая может изомеризоваться под действием облучения, что может сказываться на его флуоресцентном отклике. Однако, этот аспект в автореферате не указан.

Судя по автореферату и имеющимся публикациям, диссертационная работа представляет собой законченное научно-квалификационное исследование, которое по объему, актуальности, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748), предъявляемым к докторским диссертациям, а её автор, Ощепков Максим Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.8. Химия элементоорганических соединений (химические науки).

Даю разрешение на обработку моих персональных данных.

Главный научный сотрудник кафедры технологии



Рыбкин Владимир

приборов и материалов электронной техники  
Ивановского государственного химико-  
технологического университета, д.х.н. (специальность  
02.00.04 – Физическая химия), профессор

Владимирович

10.09.16

Почтовый адрес организации: 153000, Иваново, Шереметевский пр. 7, Ивановский  
государственный химико-технологический университет.

Контактный тел. +79109851900.

Адрес электронной почты: [rybkin@isuct.ru](mailto:rybkin@isuct.ru)

