

О Т З Ы В

на автореферат диссертационной работы Максима Сергеевича ОЩЕПКОВА
*«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

Работа М.С. Ощепкова выполнена в актуальной области элементоорганического синтеза и посвящена разработке технологий получения новых флуоресцирующих ингибиторов солеотложения в том числе с применением микрореакторных систем. Микрореакторные технологии в настоящее время, благодаря возможности точного контроля массопереноса и температуры, а также другим достоинствам, приобретают все большее распространение. Особенно это существенно для быстрых реакций, к которым относятся рассматриваемые синтезы. Развитие и оптимизация микрореакторного органического синтеза, безусловно, имеет большую научно-практическую значимость. В то же время, синтезируемые диссертантом новые продукты обладают несомненной актуальностью для решения множества прикладных задач, требующих визуализации каких-либо процессов. Оригинальным является использование флуоресцирующих ингибиторов солеотложения для изучения процесса кристаллизации солей жесткости и как следствие уточнение теории действия ингибиторов солеотложения. Прикладная значимость работы отражается в следующем: флуоресцентные ингибиторы солеотложения находят применение на объектах теплоэнергетики, а рН-независимые флуоресцентные маркеры с повышенной эффективностью позволят успешно разрешать многие медико-биологические проблемы. Таким образом, представленная работа обладает актуальностью, научной новизной и практической значимостью.

Целью представленного исследования является синтез и разработка технологии получения нового поколения флуоресцентных ингибиторов солеотложений, уточнение на их основе механизма действия ингибиторов с помощью флуоресцентной визуализации, и совершенствование на базе этих фундаментальных знаний практики применения ингибиторов в технологиях циркуляционных теплообменных систем, опреснения и деминерализации морских и артезианских вод.. Для ее достижения Ощепков М.С. использовал множество современных физико-химических методов: ЯМР-, УФ- спектроскопии, лазерного динамического светорассеяния (ДЛС), масс-спектрометрии высокого разрешения и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), флуоресцентной спектрофотометрии, электронной сканирующей микроскопии (СЭМ) и флуоресцентной микроскопии, а также счётчика частиц в жидкой фазе. Показано, что такие не использовавшиеся ранее для изучения данной проблемы современные физико-химические методы анализа, как лазерное динамическое светорассеяние, прямое использование счетчика частиц в жидкой фазе, а также флуоресцентная визуализация распределения ингибитора солеотло-

жения в рабочей системе, позволяют приблизиться к пониманию реальных механизмов процесса ингибирования.

Из текста автореферата видно, что диссертантом проведено значительное количество синтезов производных 1,8-нафталамида с флуоресцентной активностью при контроле кинетики этих процессов. Синтезы проведены как в объеме, так и в микрореакторе, причем показаны существенные преимущества второго варианта. Так, подбор оптимальных условий микрофлюидного синтеза позволил автору снизить температуру синтеза и получать продукты с количественным выходом. Впервые в мировой практике в условиях микропотока получен флуоресцентный полимерный ингибитор солеотложения. Проведенная оптимизация метода синтеза полимерного ингибитора в проточном микрореакторе позволила избежать перегрева реакционной массы, что привело к увеличению выхода и чистоты целевого продукта. Предложенная оптимизация также позволила получать узкий диапазон распределения молекулярных масс флуоресцентно меченого полиакрилата.

В диссертационной работе предложены и реализованы два пути синтеза флуоресцирующих α -гидроксифосфонатов на основе 1,8-нафталимидов. Показано, что синтез по пути формирования бисфосфоновой группы по реакции Михаэлиса-Арбузова и Абрамова является более универсальным, но более затратным с точки зрения времени получения и экономики. При этом способ синтеза по пути прямого ацилирование аминоксидных кислот является более экономичным и простым в технологическом оформлении.

С помощью флуоресцирующих ингибиторов солеотложения впервые в мировой практике осуществлена визуализация процессов роста кристаллов солей жесткости в различных условиях. Показано, что механизм действия ингибитора отличен от общепринятого. Уточнена теория ингибирования. Установлено, что при формировании зародышей кристаллов солеотложений доминирующим является не механизм спонтанной гомогенной ассоциации ионов кальция и сульфата (как это предполагалось ранее), а гетерогенный механизм сорбции этих ионов на частицах «нанопыли».

В качестве замечаний к автореферату следует отметить:

- 1) Из автореферата не ясно, проводился ли синтез флуоресцирующих α -гидроксифосфонатов в условиях микропотока или данный синтез не целесообразно проводить в данных условиях.
- 2) Говоря о микросмесителях и микропотоках автору следовало бы привести конкретные параметры реакционной системы (материал и внутренние диаметры микроканалов).

Тем не менее, эти замечания носят частный характер и не отражаются негативно на общем благоприятном впечатлении о работе М.С. Ощепкова.

В заключение следует отметить, что диссертантом проведено большое исследование, в результате которого получены новые данные, имеющие значение как для фундаментального понимания перспектив развития теории ингибирования солеотложения и областей использования микрофлюидных технологий в органическом синтезе, так и для практического применения флуоресцирующих ингибиторов солеотложения. Судя по автореферату, диссертационная работа четко направлена на решение поставленных задач,

сделанные выводы хорошо обоснованы и соответствуют содержанию.

Считаю, что по актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов диссертационная работа полностью отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям (пункты 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденным 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), а ее автор, Максим Сергеевич Ощепков, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.8. химия элементоорганических соединений (химические науки).

Заведующий кафедрой
биотехнологии и промышленной фармации
института тонких химических технологий
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «МИРЭА Российский технологический
университет» Министерства высшего
образования и науки Российской Федерации
доктор технических наук
(02.00.10 – Биоорганическая химия),
профессор

Кедик С.А.

«15» октября 2021 г.

Почтовый адрес: 119571 Москва, проспект Вернадского, д. 86
Телефон: +7 (495)246-05-55
e-mail: doctorkedik@yandex.ru

Подпись Кедика С.А. заверяю
первый проректор, ФГБОУ ВПО
«МИРЭА Российский технологический университет»
д.х.н., профессор



«15» августа 2021 г.

Прокопов Н.И.