

«УТВЕРЖДАЮ»

Ректор Таджикского национального
университета, д.ю.н., профессор



Насриддинзода Э.С.

« 3 » 06 2026г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Мухиддинова Диловара Сайфуллоевича на тему: «Комплексообразование
пектиновых полисахаридов с экзо- и эндотоксинами», представленную на
соискание ученой степени кандидата химических наук
по специальности 1.4.4 – Физическая химия

Актуальность темы диссертации. За последние десять лет полисахариды пектинового происхождения нашли широкое применение в различных технологических процессах пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Пектиновые полисахариды обладают способностью образовывать комплексы с катионами поливалентных металлов и низкомолекулярными соединениями. Это свойство обусловлено наличием в их структуре разнообразных функциональных групп, таких как гидроксильные и карбоксильные группы, расположенные в мономерных звеньях полимера.

Гидрогели, изготовленные на базе пектиновых полисахаридов, находят всё более широкое применение в медицине. Вещества, полученные из разнообразных природных источников, могут использоваться как энтеросорбенты и средства доставки лекарств. Важно отметить, что широкое применение в современной медицинской практике так называемых эфферентных технологий, направленных на удаление токсичных веществ, включая различные методы сорбционной детоксикации, выдвигает перед специалистами две важные научно-практические задачи. Основная цель — точное определение и описание токсичных метаболитов, а вторая задача — разработка высокоселективных сорбционных материалов для их эффективного удаления.

Научный мир располагает уникальными разработками и разнообразными сорбционными материалами, которые, однако, имеют ограниченную эффективность в извлечении билирубина из биологических жидкостей. Тем не менее, данная проблема остаётся нерешённой на должном уровне. Следовательно, запуск исследований, направленных на разработку эффективных сорбентов для избирательного связывания данного пигмента с использованием гидрогелевых

матриц, созданных на основе высоконабухающих пектиновых биополимеров, может привести к значительному прогрессу в данном направлении.

Ключевой характеристикой созданных методик в данном направлении является способность точно регулировать уровень поперечной сшивки полимерной структуры, а также плотность и тип активных центров сорбции.

Основной целью диссертационной работы является комплексный анализ хелатообразующей способности пектиновых биополимеров по отношению к ряду эндогенных токсинов, в частности билирубина и опасных катионов металлов, в качестве модельных объектов избраны ионы меди и уранила.

Данное исследование проведено в рамках плана научно-исследовательских работ Института химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Таджикистана по теме: «Сетчатые структуры природных ионогенных полимеров и разработка композиционных гидрогелей на их основе». Проект зарегистрирован под номером 0121 TJ 1152.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность выбора темы, результаты экспериментов и их достоверность диссертационной работы Мухиддинова Дилова Сайфуллоевича обеспечена достаточным объемом исследованных материалов, которые опубликованы в рецензируемых изданиях. Обработка экспериментальных данных и материалов обеспечена применением независимых, современных прецизионных методов исследования, согласованностью результатов. Сделанные выводы и предложения были получены на основе научного и полного анализа, а также обработки теоретических, следовательно, экспериментальных материалов, с применением передовой вычислительной, техники и цифровизация.

Научный аспект работы наиболее полно отражен в положениях, выносимые на защиту:

- закономерности воздействия временного фактора на эффективность процессов гидролиза-экстракции протопектина из корзинок подсолнечника. Определение оптимальных временных параметров реакции, которые обеспечивают максимальный выход и целевой химический состав продуктов разложения: микрогеля, пектиновых веществ и олигосахаридов.
- сорбционные характеристики пектиновых полисахаридов, особенно микрогеля на их основе, в статических и динамических условиях.
- количественная оценка основных параметров, влияющих на эффективность сорбционного процесса. Исследование воздействия кислотности среды (рН), начальной концентрации ионов металлов, технологических условий проведения процесса и природы используемого сорбента на адсорбционную ёмкость и кинетику взаимодействия пектинов, полученных из корзинок подсолнечника.

-способность пектиновых полисахаридов, экстрагированных из корзинок подсолнечника, к селективному комплексообразованию с билирубином была исследована. В ходе экспериментов *in vitro* и *ex vivo* была определена прямая зависимость эффективности сорбции от типа сорбента и концентрации билирубина.

-влияние ионов металлов в составе пектиновых полисахаридов на образование комплексов пектиновых полисахаридов с билирубином.

Полученные данные были предоставлены и обоснованы современными физико-химическими **методами исследования**, статистической обработкой результатов. Объектами исследования служили высушенные и измельчённые корзинки подсолнечника. Для исследования соответствующих связей применяли ИК-спектрофотометр с Фурье-преобразованием (FT-IR Spectrum 65 от Perkin Elmer). Уровень билирубина в плазме крови определяли спектрофотометрически на приборе Bio Chem SA, произведённом компанией High Technology (США). Обработку данных выполняли с помощью стандартной программы Microsoft Excel.

Достоверность и новизну исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Научная новизна исследования состоит в следующем:

-исследовано влияние времени на процесс гидролиз-экстракции протопектина из корзинок подсолнечника в статических условиях. Определены оптимальные параметры для максимального выхода целевых продуктов. Также установлен моносакхаридный состав продуктов, включающий микрогель, пектиновые вещества и образовавшиеся олигосахариды;

- впервые исследованы сорбционные свойства пектиновых полисахаридов и их микрогеля в отношении поливалентных катионов металлов. Работа проводилась как в статических, так и в динамических условиях. За основу взят механизм замещения ионов водорода карбоксильных групп полимерной структуры;

- определена и количественно оценена эффективность пектиновых полисахаридов в процессе извлечения ионов урана из водных растворов как в нейтральной, так и в кислой среде;

- проведен всесторонний анализ ключевых факторов, влияющих на эффективность сорбции ионов металлов пектиновыми полисахаридами из корзинок подсолнечника. Исследовано воздействие кислотности среды (pH), начальной концентрации ионов металлов, условий процесса, типа сорбента и химической природы катионов;

- на основании экспериментальных данных о сорбции ионов меди гидрогелями, изготовленными на основе пектинов, были рассчитаны ключевые термодинамические и кинетические характеристики процесса: максимальная

сорбционная емкость (q_m), кажущаяся константа адсорбционного равновесия ($K\theta$) и изменение изобарно-изотермического потенциала $\Delta G = -RT \ln(K\theta)$ для реакции ионного обмена;

- впервые в рамках лабораторных и модельных клинических исследований, включая эксперименты *in vitro* и *ex vivo*, изучены комплексообразующие свойства пектиновых полисахаридов, экстрагированных из корзинок подсолнечника, в контексте их взаимодействия с билирубином. Выявлена зависимость эффективности связывания от типа пектина, концентрации билирубина и состава катионов металлов, присутствующих в структуре полимера;
- определены функции ионов металлов в составе пектиновых полисахаридов в процессе формирования комплексов с билирубином.

Все перечисленные результаты являются новыми и получены лично автором.

Сформулированные диссертантом выводы логично обосновываются на приведенных в диссертации литературных данных и результатами собственных исследований. Представленные в работе результаты исследования достоверны, что обеспечивается корректностью постановки задач, необходимым уровнем используемой экспериментальной техники в сочетании с профессиональным применением современных компьютерных программ. Результаты исследования прошли апробацию на научных конференциях различного уровня и в публикациях.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает её содержание.

Практическая ценность проведенного исследования. Пектиновые полисахариды и микрогели на их основе представляют собой природные полимерные сорбенты, которые можно применять для очистки проточных и сточных вод от тяжелых металлов. Экспериментальные данные подтверждают, что предложенный сорбент на основе пектиновых гидрогелей и его комплексы с ионами различных металлов могут эффективно удалять токсические соединения из организма, включая билирубин.

Личный вклад автора заключается в непосредственном участии на всех этапах выполнения работы, в том числе формулировки темы, сборе, обработке и анализа литературных сведений по теме диссертации. В обработке и анализе экспериментальных и расчётных данных, разработке математической модели закономерности изменения характеристик сплавов, составлении выводов и опубликовании материалов диссертации.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Результаты исследования демонстрируют, что цинковый микрогель обладает не только высокой сорбционной ёмкостью, но и быстрым кинетическим откликом, что делает его перспективным материалом для

практического применения в биотехнологии и медицинских системах очистки биологических жидкостей.

Полученные результаты будут предложены для использования в Институте гастроэнтерологии и инфекционной больнице Министерства здравоохранения Республики Таджикистан в качестве методических рекомендаций. Кроме того, эти данные могут быть использованы специалистами в области неорганической и физической химии, а также материаловедения и технологии новых материалов в ВУЗах РТ.

Получен малый патент на тему «Способ извлечения урана из шахтных вод» (№ТJ 1223). Изобретение связано с химической технологией и направлено на разработку нового способа выделения урана из шахтных вод с использованием природного сорбента. Основные задачи включают создание альтернативного метода извлечения, обеспечение безотходного производства, улучшение экологической ситуации и расширение сырьевой базы для уранового производства.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на различных конференциях и научных семинарах. По теме диссертации опубликовано 7 статей в рецензируемых научных журналах и 23 статьи и тезиса в материалах конференций.

Оценка содержания диссертации, её завершенность. Диссертационная работа представляет собой рукопись объёмом 126 страниц. Она состоит из введения и трёх глав, каждая из которых посвящена обзору литературы, экспериментальному исследованию, а также результатам и их обсуждению. Завершается работа выводами. В диссертации 45 рисунков и 9 таблиц. Список использованной литературы содержит 119 источников.

Во введении автор обосновывает важность темы, формулирует цель и научную новизну исследования, а также указывает на его практическую значимость и структуру.

Глава I предоставляет сжатое описание полимеров, включая их классификацию на синтетические и природные. Рассматриваются основные классы полимеров, а также ключевые представители полисахаридов и их способность образовывать комплексы с катионами многовалентных металлов. Также в главе содержится информация о некрахмальных полисахаридах, их методах получения и областях применения. В тексте содержится информация о пектиновых полисахаридах. Также описаны комплексообразующие свойства пектинов с катионами металлов и низкомолекулярными соединениями. Описаны основные типы сорбентов, используемых для детоксикации, методы извлечения билирубина из плазмы крови. Проводится анализ существующих сорбентов и их недостатков.

Во второй главе, посвящённой экспериментальной части, представлено подробное описание методологической базы проведения исследования. В этой главе содержится полное и систематизированное изложение всех используемых экспериментальных методов, которые обеспечивают воспроизводимость и достоверность полученных научных результатов.

В главе III представлены результаты исследования ионообменного равновесия между пектиновыми гидрогелями и ионами меди. Проанализированы параметры, оказывающие влияние на сорбционные характеристики пектиновых полисахаридов, выделенных из корзинок подсолнечника, включая концентрацию сорбата, значение pH среды, тип сорбента и условия проведения реакции. Приведены результаты лабораторных и клинических испытаний по сорбции билирубина, проведенных *in vitro* и *ex vivo*. Установлена высокая сорбционная емкость пектиновых полисахаридов и их металлокомплексов относительно билирубина.

Данная диссертация является логически завершенной научно-исследовательской работой, поставленные задачи полностью выполнены и цель работы достигнута. Диссертация выполнена добросовестно.

Замечания по диссертационной работе:

1. К числу дискуссионных вопросов следует отнести содержание литературного обзора, в котором недостаточно полно раскрыта тема комплексообразования пектиновых полисахаридов. При этом в научной сфере достаточно данных об их комплексах с металлами и другими молекулами.
2. В работе достаточно глубоко изучено взаимодействие пектиновых гидрогелей с катионами меди. Научная ценность работы существенно возросла бы, если бы автор провел более обширные эксперименты по сорбции ионов урана, аналогично тому, как это выполнено для ионов меди.
3. Автор ограничился лишь демонстрацией комплекса пектиновых полисахаридов с билирубином на рисунке 3.29, однако спектроскопический анализ для точного установления структуры данного соединения в диссертации не представлен.
4. В качестве рекомендации автору предлагается довести исследования до практического применения в клинических условиях, поскольку избыточная концентрация билирубина в организме остается одной из актуальных проблем медицины до настоящего времени.
5. В тексте диссертационного исследования встречаются отдельные технические погрешности, которые могут быть легко устранены в рабочем порядке.

Следует отметить, что указанные замечания носят в основном дискуссионный и рекомендательный характер и не снижают научной ценности выполненного исследования.

Заключение. Подводя итог анализу представленной диссертации, необходимо отметить общую положительную оценку работы. Автором проделана большая и трудоёмкая работа, получен фактический материал по термодинамическим и кинетическим параметрам изучаемых объектов. Достоверность полученных результатов и выводы обоснованы. Научная новизна и практическая значимость работы не вызывают сомнения.

Диссертационная работа Мухиддинова Дилова Сайфуллоевича на тему: «Комплексообразование пектиновых полисахаридов с экзо- и эндотоксинами» представляет собой завершённое научное исследование, выполненное автором самостоятельно на достаточно высоком уровне, в которой изложены новые научно - обоснованные решения, внедрение, которых вносит значительный вклад в биотехнологии и медицинских системах очистки биологических жидкостей. Полученные автором результаты, несомненно, достоверны и имеют не только теоретическое, но и практическое значения. По актуальности, поставленной цели и задачам, объёму проведенных исследований, новизне полученных результатов и их научной и практической значимости данная работа вполне соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Мухиддинов Диловар Сайфуллоевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4 -Физическая химия.

«02» июня 2026 г.

Официальный оппонент,
кандидат химических наук, доцент кафедры
физической и коллоидной химии
Таджикского национального университета

 Дж.А. Давлатшоева

Подлинность подписи
к.х.н., доц. Давлатшоевой Дж.А. **заверяю**
Начальник Управления кадров
и спецчасти ТНУ



 Э.Ш. Шодихонзода

Адрес: 734025, Республика Таджикистан, проспект Рудаки-17
Телефон: (+992) 938989662,
Электронная почта: kfk1964@mail.ru