

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата химических наук Черных Ивана Николаевича
на тему: «Модифицированные альгинатные гидрогели как
носители иттрия-90 и фосфора-32» по специальности 1.4.13 Радиохимия**

Диссертационная работа И.Н. Черных посвящена разработке и исследованию новых гидрогелевых носителей радионуклидов медицинского назначения на основе альгинатов, модифицированных гидроксиапатитом. Работа направлена на решение актуальной задачи создания эффективных и биосовместимых систем доставки β -излучающих радионуклидов для применения в брахитерапии и радиоэмболизации.

Актуальность работы не вызывает сомнений. В настоящее время развитие радионуклидной терапии онкологических заболеваний требует создания новых материалов, обеспечивающих локализованную доставку радионуклидов, их надежную фиксацию и контролируемое высвобождение. Особую значимость имеют подходы, позволяющие упростить создание радиофармпрепаратов за счет отказа от сложных систем таргетной доставки и перехода к локальному введению носителей. Использование альгинатных гидрогелей, модифицированных гидроксиапатитом и обладающих высокой сорбционной способностью, представляет собой перспективное направление. Выбор радионуклидов иттрий-90 и фосфор-32 обоснован их подходящими ядерно-физическими характеристиками и широким применением в клинической практике. Таким образом, тема диссертации соответствует современным тенденциям развития радиохимии и медицинской химии и является актуальной как с научной, так и с практической точки зрения.

К числу наиболее значимых элементов **научной новизны** относятся: синтез минерализованных альгинатных гидрогелей новых типов, исследование изотопного обмена в гидрогелевой системе, установление влияния минерализации на физико-химические параметры носителей. Полученные результаты представляют безусловный научный интерес и расширяют представления о поведении радионуклидов в гидрогелевых системах.

Практическая значимость работы заключается в потенциальной возможности применения разработанных материалов в медицине для внешней брахитерапии, послеоперационной терапии и, при уменьшении размера частиц до 100 мкм, для радиоэмболизации с иттрием-90. Таким образом, работа имеет выраженную прикладную направленность и может служить основой для дальнейших доклинических исследований.

Поставленные в работе **цель и задачи** сформулированы четко и логично вытекают из анализа литературных данных. В диссертации представлены:

- разработка методик синтеза модифицированных альгинатных гидрогелей;
- комплексная физико-химическая характеристика образцов;
- исследование процессов сорбции и изотопного обмена радионуклидов;
- анализ устойчивости материалов в модельных биологических средах.

Диссертация построена по классической схеме и включает введение, обзор литературы, экспериментальную часть, результаты и их обсуждение, выводы и список литературы. Объем работы 118 страниц; он включает 48 рисунков и 20 таблиц. Список литературы включает 195 источников. Обзор литературы достаточно полный и отражает современное состояние области. Кратко автор останавливается на применении радионуклидов в терапии онкологических заболеваний и более полно – в брахитерапии и радиоэмболизации. Далее автор описывает гидрогелевые системы и посвящает отдельные главы альгинату и гидроксиапатиту, который используется в работе, как модификатор.

Экспериментальная часть изложена подробно, что обеспечивает воспроизводимость результатов. В этом разделе большое внимание уделяется методикам синтеза и модификации альгинатных сфер, а также сорбционным экспериментам. В обсуждении результатов автор подробно останавливается на результатах синтеза альгинатных носителей и описывает способы их минерализации. Большое внимание уделяется и изучению минеральных частиц гидроксиапатита, включенных в альгинатную сетку. Для перспективных образцов проводится полная характеристика инструментальными методами и исследование ключевых функциональных свойств: набухания, устойчивости, сорбции радионуклидов и их удерживания. Прослеживается взаимосвязь между

составом и ключевыми свойствами полученных носителей. На основании полученных результатов на защиту вынесены 5 положений, обоснованность которых не вызывает сомнений.

Выводы диссертации довольно обширные, но логично следуют из экспериментальных данных, являются обоснованными и подтверждаются результатами, полученными с использованием современных методов анализа.

Следует отметить, что результаты данной работы подробно освещены в публикациях. Черных И.Н. является первым автором 4 рецензируемых статей в научных изданиях, рекомендованных для защиты в МГУ имени М.В. Ломоносова.

При общей положительной оценке работы следует отметить **ряд замечаний**:

1. В обзоре литературы недостаточно критического анализа существующих гидрогелевых носителей радионуклидов; в ряде случаев изложение носит описательный характер.
2. В работе уделено ограниченное внимание сравнению полученных результатов с аналогичными системами, описанными в литературе, особенно в части эффективности удерживания радионуклидов.
3. Представляется целесообразным более детальная оценка влияния размеров частиц на их физико-химические характеристики. Такая оценка дала бы более чёткие представления о потенциальных возможностях практического применения разрабатываемых носителей.
4. В тексте встречаются отдельные стилистические неточности и повторения.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.4.13 Радиохимия (по химическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на

соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Черных Иван Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.13. Радиохимия.

Официальный оппонент:

Доктор физико-математических наук, профессор,
Ведущий научный сотрудник лаборатории фотобиологии,
Федеральный исследовательский центр – Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук, Институт биофизики
Сибирского отделения Российской академии наук

Кудряшева Надежда Степановна

12 мая 2026