

Заключение диссертационного совета МГУ.014.6
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
Решение диссертационного совета от «10» июня 2026 г. № 196

О присуждении Черных Ивану Николаевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Модифицированные альгинатные гидрогели как носители иттрия-90 и фосфора-32» по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки) принята к защите диссертационным советом «25» марта 2026 протокол № 188.

Соискатель Черных Иван Николаевич, 1997 года рождения, с 08.11.2022 по 30.09.2025 г. обучался в очной аспирантуре кафедры радиохимии, химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Соискатель работает в должности инженера 1 категории на кафедре радиохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Диссертация выполнена в лаборатории гетерогенных процессов кафедры радиохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

Научный руководитель - кандидат химических наук, доцент **Николаев Александр Львович**, ведущий научный сотрудник лаборатории гетерогенных процессов кафедры радиохимии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова».

Официальные оппоненты:

Игнатьева Наталия Юрьевна – доктор химических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, химический факультет, кафедра физической химии, доцент;

Казаков Андрей Геннадьевич – кандидат химических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории радиохимии;

Кудряшева Надежда Степановна – доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный исследовательский центр – «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт биофизики Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фотобиологии. - дали положительные отзывы на диссертацию.

Выбор официальных оппонентов обосновывался тем, что **Игнатьева Наталия Юрьевна** является признанным специалистом в области физической химии, обладающим высокими компетенциями в области биоматериалов для медицинского применения; **Казаков Андрей Геннадьевич** является высококвалифицированный экспертом в области радиохимии и носителей радионуклидов для ядерной медицины; **Кудряшева Надежда Степановна** является известным специалистом в области биофизики и физической химии. Публикации официальных оппонентов близки по своей направленности к теме рассматриваемой диссертационной работы.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 4 статьи, все опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки) (личный вклад автора в публикацию указано в %):

1. **Chernykh I.N.**, Using enzymatic synthesis of hydroxyapatite as a technique to develop materials for biomedical applications / Chernykh I.N., Dolgova V.K., Gopin A.V., Severin A.V., Kharlanov A.N., Nikolaev A.L. // *Ceramics International*. – 2024. – vol. 50. – № 6. – pp. 9149-9158. EDN: QCSEBNI (Импакт-фактор 5.6 (JIF); 0.63 п.л. / 60%).;
2. **Chernykh I.N.**, Novel yttrium-90 carriers based on enzymatically mineralized calcium and yttrium alginate beads / Chernykh I.N., Gopin A.V., Evdokimov A.A., Kharlanov A.N., Šandalová S., Nikolaev A.L. // *Surfaces and Interfaces*. – 2025. – vol. 69. – article number 106691. EDN: TXRYAR (Импакт-фактор 6.3 (JIF); 0.94 п.л. / 70%).;
3. **Chernykh I.N.**, 32P carriers based on hydroxyapatite-loaded iron alginate beads for nuclear medicine applications / Chernykh I.N., Maltseva K.V., Kiselev I.D., Gopin A.V., Kharlanov A.N., Kuznetsova D.V., Nikolaev A.L. // *International Journal of Biological Macromolecules*. – 2025. – vol. 334. – Part. 2. – article number 149222. EDN: CZTDXN (Импакт-фактор 8.5 (JIF); 0.75 п.л. / 80%).;
4. **Chernykh I.N.**, 32P carriers based on hydroxyapatite-modified alginate beads / Chernykh I.N., Gopin A.V., Kharlanov A.N., Kharisov B.I., Nikolaev A.L. // *Radiochemistry*. – 2025. – vol. 67. – №. 5. – pp. 672-679. EDN: WAEXNE (Импакт-фактор 1.0 (JIF); 0.5 п.л. / 80%).

На автореферат поступило 4 дополнительных отзыва, все положительные.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены результаты, имеющие значение для развития радиохимии, а именно, **впервые**: (1) в качестве метода связывания радионуклидов ^{90}Y и ^{32}P с альгинатными носителями предложен изотопный обмен в водном

растворе; (2) исследована кинетика связывания целевых радионуклидов альгинатными сферами и влияние минерализации гидрогеля на данный процесс; (3) синтезированы и охарактеризованы инструментальными методами модифицированные ферментативным синтезом фосфатов кальция сферы альгината кальция и иттрия; (4) выявлена связь устойчивости альгинатных сфер к вымыванию радионуклида с природой сшивающего катиона и степенью минерализации гидрогеля.

Теоретическая и практическая значимость. Теоретическая значимость работы заключается в установлении закономерностей связывания и удерживания β -излучающих радионуклидов ^{90}Y и ^{32}P в минерализованных гидроксиапатитом альгинатных гидрогелях. Исследовано влияние минерализации на процессы сорбции, изотопного обмена и устойчивость носителей в модельных биологических средах. Полученные результаты расширяют представления об особенностях формирования биоразлагаемых полимерно-минеральных систем и могут служить основой для разработки новых носителей медицинских радионуклидов.

Практическая значимость работы определяется перспективой применения исследованных составов в терапии онкологических заболеваний. Получение смешанных составов, как и введение минеральных включений позволят более тонко адаптировать синтезируемые препараты под требования конкретной терапии. Модификация альгинатных сфер за счет минерализации улучшает сорбционные свойства материала, повышает его устойчивость к вымыванию радионуклида в биологических жидкостях и позволяет регулировать скорость набухания сфер и их биodeградацию. После проведения исследований *in vivo* может быть исследована возможность применения минерализованных альгинатных сфер в качестве носителей ^{32}P при конструировании аппликаторов для внешней брахитерапии и в качестве носителя ^{90}Y для послеоперационной терапии. При условии уменьшения размера сфер можно рассматривать возможность их применения в радиоэмболизации.

Диссертация представляет собой самостоятельное исследование, обладающее внутренним единством. **Положения, выносимые на защиту**, содержат новые научные результаты:

1. Минерализация альгинатных сфер заметно повышает их устойчивость в сыворотке крови и снижает вымывание радионуклида. Наиболее значимый эффект наблюдается при минерализации суспензионным нанокристаллическим гидроксиапатитом.

2. Динамика выхода радионуклида из альгинатных сфер в сыворотке крови коррелирует с их разрушением в сыворотке крови и может быть задана составом микросфер.

3. Для мечения альгинатных сфер в медицинских целях изотопом ^{90}Y могут быть использованы сорбция и изотопный обмен $^{89}\text{Y} - ^{90}\text{Y}$ в водном растворе.

4. Введение ^{32}P в альгинатные сферы для медицинских целей рекомендуется проводить за счет сорбции фосфат-ионов в водном растворе. Изотопный обмен $^{31}\text{P} - ^{32}\text{P}$ в альгинате происходит слишком медленно для применения процесса на практике.

Личный вклад автора. Основой диссертации являются результаты исследований, проведенных автором или при его участии с 2022 по 2025 г. в лаборатории гетерогенных процессов кафедры радиохимии Химического факультета МГУ. Автор участвовал в постановке задач, планировании экспериментов и анализе литературных данных. Автор разработал методы модификации альгинатных микросфер включениями гидроксипатита, активно участвовал в характеристике и исследовании свойств полученных образцов, самостоятельно обрабатывал и интерпретировал полученные данные. Личный вклад автора в совместных публикациях основополагающий.

На заседании «10» июня 2026 года диссертационный совет принял решение присудить Черных Ивану Николаевичу ученую степень кандидата химических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.4.13 Радиохимия (химические науки), участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав, проголосовали: за - 16, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Заместитель председателя диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

_____/Пресняков И.А./

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат химических наук

_____/Северин А.В.

«10» июня 2026 г.