

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.078.04
на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской
академии наук (ИМЕТ РАН)
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15 октября 2026 г. № 5-2026

О присуждении ГРЕЧИШНИКОВОЙ АННЕ АЛЕКСАНДРОВНЕ,
гражданство РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Биосовместимые композиционные материалы на основе альгинат-поливинилпирролидон-фосфаты кальция» по специальности 2.6.14 – «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» принята к защите 2 июня 2026 года, протокол № 4-2026, диссертационным советом 24.1.078.04 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, д. 49, созданным приказом Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.

Соискатель, Гречишникова Анна Александровна, 1997 года рождения, с 2014 по 2020 г. обучалась по программе бакалавриата и магистратуры РТУ МИРЭА Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова по направлению подготовки «Химическая технология», на кафедре Химии и технологии редких элементов им К.А. Большакова. В 2020-2024 г. прошла обучение в очной аспирантуре ИМЕТ РАН по специальности 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» и получила диплом об окончании аспирантуры государственного образца. С 2025 г. по настоящее время Гречишникова Анна Александровна работает в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении

высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) в должности эксперта.

Диссертация Гречишниковой А.А. выполнена в лаборатории керамических композиционных материалов и биоматериалов ИМЕТ РАН.

Научный руководитель – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории керамических композиционных материалов и биоматериалов ИМЕТ РАН **Фадеева Инна Вилоровна**.

Официальные оппоненты:

1) **Голованова Ольга Александровна**, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой неорганической химии Омского государственного университета им Ф.М. Достоевского;

2) **Лукина Юлия Сергеевна**, доктор технических наук (диплом ДОК №007888 от 10.07.2026), доцент, заведующий лабораторией разработки и испытания медицинских изделий и материалов Национального медицинского исследовательского центра травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (ННГУ) в своем положительном заключении, составленном заведующим кафедрой неорганической химии химического факультета д.х.н., доцентом Булановым Е.Н., и утвержденном проректором ННГУ по науке и инновациям к.ф.-м.н. Грязновым М.Ю., отмечают, что диссертационная работа Гречишниковой А.А. является законченной научно-квалификационной работой, посвященной разработке композиционных материалов на основе альгинат-поливинилпирролидон-фосфаты кальция. Автор демонстрирует взаимосвязь между реологическими характеристиками композиционных суспензий, структурными параметрами и биологическими свойствами разработанных материалов, что отражает комплексный

материаловедческий подход. В результате проведенного физико-химического, реологического, механического и биологического исследования важным практическим результатом являются разработанные биосовместимые композиционные материалы на основе альгинат-поливинилпирролидон-карбонатгидроксиапатит с заданной пористостью (70–85 об.%) и прочностными характеристиками (41–42 МПа), которые могут стать перспективными отечественными материалами для направленной регенерации костной ткани в стоматологической и ортопедической практике. Практическая значимость исследования подтверждена патентом РФ № 2854380. Тема и содержание диссертации соответствует п. 1-3 паспорта специальности и полностью соответствует требованиям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024) с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025 Высшей аттестационной комиссии Российской Федерации, а ее автор Гречишникова Анна Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Отзыв рассмотрен и утвержден на Ученом совете НГГУ им. Н.И. Лобачевского протокол № 1 от «28» августа 2026 года.

Ведущая организация в своем положительном отзыве задает соискателю следующие вопросы:

1. Как скорость перемешивания/вспенивания (3000 об/мин) и режимы криогенной сушки (–10 °C vs –50 °C) коррелируют с распределением пор по размерам? В автореферате приведены лишь средние значения (170–330 мкм). Была ли оценена полидисперсность пор и анизотропия структуры, характерная для материалов, полученных направленной заморозкой?

2. Как полученные данные согласуются с классическими моделями упругости полимерных сеток (например, теорией Флори-Ренера или аффинной моделью)? Учитывая, что сшивание Cu^{2+} дает максимальный

модуль, но ускоряет термоокислительную деструкцию (потеря 60% массы при 200 °C), не рассматривался ли риск локального высвобождения ионов Cu^{2+} в тканевую среду и их цитотоксичность при длительной имплантации?

3. В автореферате отмечено быстрое вымывание ПВП (до 50% массы за первые сутки, стр. 15) и частичная растворимость сшитого альгината. При этом не приведены данные по кинетике высвобождения ионов Ca^{2+} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , изменению pH модельной среды (СБФ) или динамике изменения ионной прочности раствора.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высоким уровнем компетенций, наличием публикаций в рецензируемых научных журналах и достижений в области керамических и композиционных материалов. Высокая научная квалификация и авторитет официальных оппонентов и ведущей организации позволяет им объективно оценить научную и практическую значимость представленной диссертационной работы.

Результаты работы Гречишниковой А.А. изложены в 7 публикациях в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК, в 10 публикациях в сборниках всероссийских и международных конференций, а также получен патент Российской Федерации (RU 2854380).

Основные публикации по теме диссертации:

1. Композиционные минерал-полимерные материалы, содержащие катион-замещенные фосфаты кальция. – Текст: непосредственный / **Форысенкова (Гречишникова) А.А.**, Слукин П.В., Трофимчук Е.С., Давыдова Г.А., Фадеева И.В. // Перспективные материалы. — 2022. — Т. 7. — С. 35-48. (перев.: Composite Mineral–Polymer Materials with Cation-Substituted Calcium Phosphates / **Forysenkova (Grechishnikova) A. A.**, Slukin P.V., Trofimchuk E.S., Davydova G.A., Fadeeva I.V.// Inorg. Mater. — 2023. — Vol. 14. — No 2. — P.331-340.)

2. Пористые матриксы на основе поливинилпирролидона, содержащие фосфаты кальция, для медицинских применений /Фадеева И.В.,

Форысенкова (Гречишникова) А.А., Гафуров М.Р., Ахмед И.А., Давыдова Г.А., Антонова О.С., Баринов С.М. // Известия Академии Наук. Серия Химическая. — 2022. — Т. 3. — С. 543-548. (перев.: Porous matrixes based on polyvinylpyrrolidone containing calcium phosphates for medical application / Fadeeva I.V., **Forysenkova (Grechishnikova) A.A.**, Gafurov M.R., Akhmed I.A., Davydova G.A., Antonova O.S., Barinov S.M. // Russ. Chem. Bull. — 2022. — Vol. 71. — No 3. — P. 543-548.)

3. Polyvinylpyrrolidone–Alginate Film Barriers for Abdominal Surgery: Anti-Adhesion Effect in Murine Model / **Forysenkova (Grechishnikova) A.A.**, Konovalova M.V., Fadeeva I.V., Antonova O.S., Kotsareva O.D., Slonskaya T.K., Rau J.V., Svirshchevskaya E.V. // Materials (Basel). —2023. — Vol. 16. — No 16. P.1-17.

4. Polyvinylpyrrolidone—Alginate—Carbonate Hydroxyapatite Porous Composites for Dental Applications / **Forysenkova (Grechishnikova) A.A.**, Fadeeva I.V., Deyneko D.V., Gosteva A.N., Mamin G.V., Shurtakova D.V., Davydova G.A., Yankova V.G., Antoniac I.V., Rau J.V.// Materials (Basel). — 2023. —Vol. 16. — No 12. — P. 1-16.

5. NMR and EPR Spectroscopies Investigation of Alginate Cross-Linking by Divalent Ions / **Forysenkova (Grechishnikova) A.A.**, Ivanova V.A., Fadeeva I.V., Mamin G.V., Rau J.V. // Materials. — 2023. — Vol. 16. — No 7. — P. 1-11.

6. Magnetic Resonance-Based Analytical Tools to Study Polyvinylpyrrolidone–Hydroxyapatite Composites / Petrova A., Mamin G., Gnezdilov O., Fadeeva I., Antonova O., **Forysenkova (Grechishnikova) A.**, Antoniac I., Rau J., Gafurov M.// Polymers. — 2023. — Vol. 15. — No22. P. 1-15.

7. Влияние состава на вязкость растворов и структуру высокопористых композиционных материалов альгинат–поливинилпирролидон–карбонатгидроксиапатит/ **Гречишникова (Форысенкова) А. А.**, Трофимчук Е. С., Егоров А. А., Антонова О.С., Дедушенко С.К., Фадеева И.В. // Перспективные материалы. — 2025. — No 11. — С. 17-28. (перев.: Effect of Composition on Viscosity of Solutions and Structure of Highly Porous Composite Materials of

Alginate Polyvinylpyrrolidone-Carbonate Hydroxyapatite/ Grechishnikova (Forysenkova) A.A., Trofimchuk E.S., Egorov A.A., Antonova O.S., Dedushenko S.C., Fadeeva I.V. // Inorg. Mater. — 2026. — Vol. 17. — No 2. — P. 374-383.)

На автореферат диссертационной работы Гречишниковой А.А. поступило **8 отзывов**. Все отзывы положительные, часть отзывов содержит вопросы, имеются рекомендации и замечания:

1. **Отзыв** доцента, к.х.н. Путляева В.И. Химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» содержит следующие замечания и вопросы:

– В работе для объемных пористых материалов используется сшивание только ионами Ca^{2+} , тогда как для пленок исследован широкий набор катионов (Cu^{2+} , Mn^{2+} , Sr^{2+}). Чем обусловлен такой выбор для объемных композитов? Не предполагалось ли, что ионы Cu^{2+} , обладая антибактериальной активностью, могли бы быть полезны в пористых матрицах, несмотря на их каталитическое влияние на деструкцию?

– В тексте отмечается, что прочность пленок, сшитых Ca^{2+} и Cu^{2+} , практически одинакова (41–42 МПа), но модуль упругости различается в 3,5 раза. Не связано ли это с различной степенью гидратации образцов или с особенностями релаксационных процессов? Проводилась ли оценка влажности пленок перед механическими испытаниями?

– Эксперименты *in vivo* выполнены на модели брюшной спайки, то есть в мягких тканях, тогда как материал позиционируется для костной регенерации. Планируются ли исследования на костных дефектах (например, в модели критического размера дефекта черепа), чтобы непосредственно оценить остеоиндуктивный потенциал композитов?

– В работе показано, что несшитые пленки ПВП-альгинат полностью деградируют за 7 суток, а сшитые Ca^{2+} сохраняют целостность за этот же срок. Не проводилось ли наблюдение за сшитыми образцами в более

длительные сроки (1–3 месяца) для оценки полноты резорбции и судьбы частиц КГА в организме?

2. Замечания в отзыве доцента, д.х.н. Дейнеко Д.В. Химического факультета МГУ М.В. Ломоносова следующие:

– На стр. 9 указывается, что размер частиц определен методом РФА, что вызывает вопрос. По-видимому, имеется ввиду метод Шеррера. Однако при использовании данного метода возможно оценить размер ОКР, а не частиц. Автору стоит дать пояснение, что имеется в виду. Также заявленный размер частиц 10 до 50 нм нетипично высоки для порошка после 900 °С.

– Тип карбонатного замещения (А, В или смешанный) не определен, хотя именно он определяет заявленное в актуальности сходство с биологическим апатитом и растворимость. Формула $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)_{0.5}(\text{OH})$ в реакции (1) отвечает А-типу, тогда как положение полос 1418, 1458, 873 см^{-1} более характерно для В-типа. Запись « $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})-(\text{CO}_3)$ » в разделе актуальности некорректна.

– В научной новизне (п. 2) приведен модуль упругости пленок, сшитых Sr^{2+} (1.7 ГПа), однако в главе 4 механические испытания сухих пленок выполнены для Са, Ва, Си, Мп (рис. 13), а Sr фигурирует только в испытаниях влажных пленок в паре с Са. Источник значения 1.7 ГПа неясен.

– Формулы (3) и (4) для абсолютной и истинной обратной деформации совпадают буквально, различаясь только скобками. Остается непонятным, чем физически различаются величины на рис. 19а и 19б.

3. Отзыв д.х.н. Евстропьева С.К. проф. кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технический университет) содержит следующие вопросы и замечания:

– Отнесение материалов диссертационной работы к научной специальности 2.6.11. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов является неожиданным и странным.

Рассмотрение этой работы диссертационным советом по этой специальности вряд ли может быть обоснованным.

– В разделе «Содержание работы» на стр.7 указано, что в работе был использован поливинилпирролидон (360 кДа, Sigma-Aldrich) без объяснения причин выбора именно этого типа полимера. Хорошо известно, что этот полимер промышленно выпускается в виде продуктов различного молекулярного веса. Свойства как этих материалов, как и композитов на их основе различаются очень сильно. Так, скорость растворения в водных растворах, реологические свойства растворов поливинилпирролидона с различным молекулярным весом, механические свойства композитов, способность к стабилизации неорганических наночастиц различаются очень сильно. По нашему мнению, в выводах работы и описании ее результатов важно указывать, что результаты получены при использовании поливинилпирролидона определенного молекулярного веса.

4. В **отзыве** д.т.н., проф. **Петровской Т.С.** из Научно-образовательного центра им. Н.М. Кижнера Национального исследовательского Томского политехнического университета» замечания отсутствуют, кроме общего замечания об опечатках в тексте автореферата.

5. **Отзыв** к.ф.-м.н., с.н.с., **Седуша Н.Г.** заведующего лабораторией полимерных и композиционных материалов биомедицинского назначения Института синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН содержит следующие вопросы:

– Какова природа взаимодействия между альгинатом и поливинилпирролидоном в смесевой матрице? Наблюдается ли образование водородных связей или имеет место лишь физическое смешение компонентов?

– Отмечено, что до 50% массы смесевой пленки теряется за первые сутки из-за вымывания ПВП. Учитывая, что ПВП с молекулярной массой 360 кДа, использованный в работе, не подвергается ферментативной деградации in

vivo, как объяснять его «биорезорбируемость»? Не противоречит ли это представлениям о биостабильности высокомолекулярного ПВП?

6. Отзыв к.ф.-м.н. Давыдовой Г.А. в.н.с. лаборатории роста клеток и тканей института теоретической и экспериментальной биофизики РАН содержит следующие вопросы:

– Отмечена низкая адгезия клеток к пленкам из альгината и ПВП. Это может быть как недостатком (для остеоинтеграции), так и преимуществом (для антиадгезионных мембран). Чем объяснить выбор именно такого поведения материала? И рассматривалась ли возможность модификации поверхности для повышения клеточной адгезии в случае применения композитов в ортопедии или стоматологии?

– Добавление КГА улучшает адгезию клеток по сравнению с чистыми полимерными пленками. Связано ли это исключительно с шероховатостью поверхности или также с химическим составом наполнителя? Есть ли данные, подтверждающие, что именно КГА, а не просто любая твердая фаза, вызывает этот эффект?

7. Отзыв к.ф.-м.н., Родионова А.А. научного сотрудника лаборатории магнитной радиоспектроскопии и квантовой электроники им. С.А. Альтшулера Института физики Казанского (Приволжского) федерального университета содержит следующие вопросы:

– В работе для изучения межфазного взаимодействия ПВП и гидроксиапатита использовались радикалы, индуцированные рентгеновским облучением (радикал третичного амина ПВП и нитрат-радикал в ГА). Насколько доза 5 кГр влияет на исходную структуру полимерной матрицы: не вызывает ли радиоллиз с образованием дополнительных дефектов, разрыв цепей или собственных сшивок ПВП?

– При исследовании сшивания альгината ионами Cu^{2+} отмечено формирование «парных центров» при концентрации 1.2 ммоль/г, что интерпретируется как образование кластеров. Какие именно спектральные параметры (значения g-тензора, константы сверхтонкого взаимодействия с

ядрами меди) были извлечены из спектров X- и W-диапазонов? Как дифференцировали обычное диполь-дипольное уширение линий, характерное для просто сближенных ионов, от обменного взаимодействия, которое свидетельствует о формировании именно координационных кластеров?

8. Отзыв к.х.н., доцента, Никишиной Е.Е. доцента кафедры Химии и технологии редких элементов им. К.А. Большакова Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА содержит следующие вопросы:

– Было ли исследовано влияние температуры прокаливания КГА на его размер частиц, удельную поверхность и растворимость? Как эти параметры коррелируют с биоактивностью композитов?

– Эффект снижения вязкости при 10–40 мас.% КГА объясняется «снятием электростатического отталкивания», однако не указано, какие именно ионы высвобождаются из двойного электрического слоя частиц КГА (Ca^{2+} , CO_3^{2-} ?) и какова их концентрация в растворе

– Отмечено, что прочность пленок, сшитых ионами Ca^{2+} и Cu^{2+} , практически одинакова (~41–42 МПа), несмотря на различную плотность координационной сетки. Однако не дано физического объяснения этого явления.

В дискуссии по диссертационной работе приняли участие: д.х.н. Казин П.Е. (МГУ им. М.В. Ломоносова); д.х.н. Кецко В.А. (ИОНХ РАН); академик РАН, д.х.н. Бузник В.М. (ВИАМ); д.т.н. Красный Б.Л. (ООО «НТЦ «Бакор»); д.х.н. Падалко А.Г. (ИМЕТ РАН); д.т.н. Чернявский А.С. (ИМЕТ РАН); академик РАН, д.х.н. Солнцев К.А.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– **получены** новые композиционные пленочные и объемные пористые материалы на основе альгината, поливинилпирролидона (1:1, 1:2, 2:1) и

карбонатгидроксиапатита (5–50 мас.%), а также разработан метод их получения, включающий гомогенизацию суспензий, формование и ионное сшивание;

– **выявлены** количественные закономерности влияния компонентного состава на реологические свойства исходных суспензий, микроструктуру, параметры пористости и физико-механические характеристики формируемых матриц композиционного материала на основе полимера и керамического кальций фосфатного наполнителя;

– **определен механизм** ионного сшивания альгинатной матрицы катионами двухвалентных металлов (Ca^{2+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+}), заключающийся в различии координации ионов к функциональным группам полимерной матрицы, а также формировании сшивок разной пространственной плотности и прочности;

– **установлено**, что введение поливинилпирролидона придает пленочным композиционным материалам на основе карбонатгидроксиапатита пластичность и эластичность, а выбор сшивающего иона позволяет целенаправленно регулировать их термическую стабильность и механическую прочность при растяжении. Введение 5 мас.% керамического наполнителя карбонатгидроксиапатита в состав смесевой пленки, сшитой ионами Ca^{2+} , повышает модуль упругости в 1,7 раз и прочность в 1,6 раз, а введение 50 мас.% карбонатгидроксиапатита в 10 раз повышает модуль упругости и предельное напряжение при сжатии объемных пористых композиционных материалов (скэффолдов) при одноосном сжатии;

– **доказано**, что разработанные композиционные материалы обладают высокой биосовместимостью, выраженным антиадгезионным и гемостатическим эффектами, а также стимулируют экспрессию генов, направленных на регенерацию тканей, не вызывая при этом образования фиброзной капсулы;

– **подтверждено**, что нелинейная зависимость кажущейся вязкости суспензий от массовой доли керамического наполнителя

карбонатгидроксиапатита позволяет прогнозировать и управлять макроструктурой лиофилизированных скэффолдов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- **установлены** данные о взаимосвязи вязкости исходных суспензий, пористости и размера пор композитов, а также вида сшивающего иона для получения композиционных материалов на основе карбонатгидроксиапатита и полимерной составляющей с микроструктурой и механическими характеристиками, необходимыми для медицинского применения;

- **разработаны** композиционные пленочные и объемные пористые материалы с высокой биосовместимостью и эффективностью в регенерации тканей;

- **получен** патент: RU 2854380 C1 «Способ получения высокопористых композиционных материалов на основе биополимеров с фосфатами кальция для медицины»

Оценка достоверности результатов исследований выявила: достоверность результатов работы обеспечена использованием взаимодополняющих методов физико-химического анализа и воспроизводимостью экспериментальных результатов, а также их согласованностью с литературными данными.

Личный вклад автора: заключается в постановке цели и задач, разработке экспериментальных методик, непосредственном проведении экспериментов, обработке, анализе и обобщении полученных результатов. Вклад автора в постановку задач исследований и интерпретацию результатов, выполненных в соавторстве, является существенным.

Диссертационный совет констатирует, что диссертация Гречишниковой А.А. является законченной научно-квалификационной работой, направленной на решение важной междисциплинарной задачи – получения отечественных композиционных материалов на основе полимерной и керамической составляющей в виде пленочных и объемных

пористых скэффолдов с настраиваемыми реологическими и механическими свойствами, обладающих биосовместимостью и способностью к биорезорбции для замещения дефектов костных тканей.

На заседании 15.10.2026 г. диссертационный совет 24.1.078.04 пришел к выводу о том, что диссертация Гречишниковой А.А. по своей актуальности и практической значимости соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (с изменениями и дополнениями), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гречишникова Анна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14 – Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по научной специальности 2.6.14 и технической отрасли наук, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета 24.1.078.04,
академик РАН, д.х.н.

К.А. Солнцев

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.1.078.04,
К.Г.-М.Н.

С.Н. Ивичева

15.10.2026 г.

Подписи заверяю,
Ученый секретарь ИМЕТ РАН
к.т.н.

Museo

О.Н. Фомина