

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.159.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА», ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ) ИМЕНИ  
М.И. ПЛАТОВА», ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета  
от «26» февраля 2026 года, протокол № 17

О присуждении **Лукиной Юлии Сергеевне**, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Кальцийфосфатные цементы для лечения септических воспалений и восстановления костной ткани» по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите «11» ноября 2025 года, протокол № 9, диссертационным советом 99.2.159.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» и Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, дом 9, приказ о создании диссертационного совета от «17» апреля 2025 года № 354/нк).

Соискатель Лукина Юлия Сергеевна, «15» ноября 1978 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему: «Инъекционный биорезорбируемый кальцийфосфатный цемент для ортопедии и травматологии» защитила в 2010 году в диссертационном совете Д 212.204.12 при Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации (решение диссертационного совета от 20 декабря 2010 года № 14).

Соискатель работает в должности заведующего лабораторией разработки и испытания медицинских изделий и материалов в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр

травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации и по совместительству – в должности доцента кафедры инженерного проектирования технологического оборудования в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре химической технологии композиционных и вяжущих материалов Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант отсутствует.

**Официальные оппоненты:**

**Верещагин Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор, работает профессором-консультантом Научно-образовательного центра Н.М. Кижнера Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»;

**Дейнеко Дина Валерьевна**, доктор химических наук, доцент, работает доцентом химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»;

**Мураев Александр Александрович**, доктор медицинских наук, профессор, работает профессором кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»,

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «**Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук**» (Владивосток), в своем **положительном** отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, главным научным сотрудником **Медковым Михаилом Азарьевичем** и ученым секретарем, кандидатом химических наук, **Марининым Дмитрием Владимировичем**, указала, что диссертация на тему «Кальцийфосфатные цементы для лечения септических воспалений и восстановления костной ткани» является завершенной, цельной научной работой, выполненной на высоком теоретическом и экспериментальном уровне, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические, экономические или технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны и

повышение ее обороноспособности, а именно, разработаны кальцийфосфатные цементы для лечения септических воспалений и восстановления костной ткани.

В отзыве ведущей организации подчеркнуто, что работа выполнена Лукиной Юлией Сергеевной в рамках перспективного научного направления, ориентированного на разработку методов улучшения качества жизни. Результаты исследований, проведенных диссертантом, имеют важное фундаментальное и научно-практическое значение, так как позволяют создавать материалы с заданными свойствами, перспективные для использования при лечении или профилактики различных заболеваний костной ткани.

Исходные идеи, концепции и подходы были детально проверены в ходе серии обширных экспериментальных исследований, подтверждающих обоснованность основных положений и выводов. В отзыве отмечается согласованность представленных данных с существующими научными публикациями, что дополнительно укрепляет доверие к выполненным исследованиям и соответствие уровню современной науки.

Диссертация Лукиной Юлии Сергеевны имеет большое значение для травматологии, ортопедии, поскольку предлагает новые решения для регулирования скорости резорбции имплантата с целью использования у пациентов и в локациях с различным остеогенным потенциалом с возможностью пролонгированного выделения лекарственных средств.

Диссертация полностью соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в действующей редакции), с учетом соответствия паспорту специальности, а ее автор, Лукина Юлия Сергеевна, заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (отзыв на диссертацию рассмотрен и одобрен на заседании расширенного семинара лаборатории переработки минерального сырья от «27» ноября 2025 года, протокол № 3).

Соискатель имеет более 150 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 73 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 27 работ. В тексте диссертации не содержится недостоверных сведений об опубликованных исследованиях. Общий объем публикаций составляет более 630 страниц. **В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.** Все работы опубликованы в соавторстве, личный вклад соискателя составляет более 70 % и охватывает ключевые этапы исследования: формулирование идеи, постановку задач, проведение экспериментов и последующую интерпретацию результатов. Материалы диссертации неоднократно

рассматривались и обсуждались на более чем 20 международных, всероссийских научных конференциях и симпозиумах.

**Наиболее значимые публикации по теме диссертации:**

1. **Lukina Yu.**, Bionyshev-Abramov L., Kotov S., Serejnikova N., Smolentsev D., Sivkov S. Carbonate-Hydroxyapatite Cement: The Effect of Composition on Solubility In Vitro and Resorption In Vivo // *Ceramics*. 2023. V.6. N 3. P. 1397–1414. DOI: 10.3390/ceramics6030086. *Q2 Scopus, WoS, У2БС*.

2. **Lukina Yu.**, Safronova T., Smolentsev D., Toshev O. Calcium Phosphate Cements as Carriers of Functional Substances for the Treatment of Bone Tissue // *Materials*. 2023. V.16. N. 11. Art. No. 4017. DOI: 10.3390/ma16114017. *Q2 Scopus, WoS, У1БС*.

3. **Lukina Yu.**, Kotov S., Bionyshev-Abramov L., Serejnikova N., Chelmodeev R., Fadeev R., Toshev O., Tavgorkin A., Ryndyk M., Smolentsev D., Sivkov S. Low-Temperature Magnesium Calcium Phosphate Ceramics with Adjustable Resorption Rate // *Ceramics*. 2023. V.6. P. 168–194. DOI: 10.3390/ceramics6010011. *Q2 Scopus, WoS, У2БС*.

4. **Lukina Yu.**, Panov Yu., Panova L., Senyagin A., Bionyshev-Abramov L., Serejnikova N., Kireynov A., Sivkov S., Gavryushenko N., Smolentsev D., Toshev O., Lemenovsky D., Krutko D. Chemically Bound Resorbable Ceramics as an Antibiotic Delivery System in the Treatment of Purulent–Septic Inflammation of Bone Tissue // *Ceramics*. 2022. V.5. N 3. P. 330–350. *Q2 Scopus, WoS, У2БС*.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, **все положительные**.

В отзывах указывается, что, представленная к защите диссертационная работа, отражает современный уровень науки и техники, удовлетворяет установленным критериям, отличается актуальностью, научной ценностью в области современных вяжущих материалов и заслуживает положительной оценки, как значительное достижение отечественной инженерно-технической мысли, так как соискатель разработала кальцийфосфатные цементы для лечения септических воспалений и восстановления костной ткани. Отзывы направили:

1. Загородний Николай Васильевич, доктор медицинских наук, профессор, академик Российской академии наук, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии Мединского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы». Отзыв содержит одно замечание: «Нет результатов клинического применения медицинского изделия, на которое получено регистрационное удостоверение».

2. Сафронова Татьяна Викторовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории неорганического материаловедения Химического факультета Федерального государственного

бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова». Отзыв содержит следующие вопросы и замечания:

- 1) Составы, исследованные в работе отмечены на диаграммах, включающих следующие компоненты:  $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ;  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;  $\text{H}_2\text{O}$ .  $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  как компонент цементной смеси, по всей видимости, играет роль компонента основного характера.  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  как компонент цементной смеси, по всей видимости, играет роль компонента кислотного характера. Поскольку в автореферате не приведены реакции, протекающие при формировании цементного камня, просьба пояснить какую роль играют  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  при формировании цементного камня.
- 2) Стр. 11, рис. 1. Каковы правила были использованы для назначения номеров фигуративных точек?
- 3) Стр. 11. В автореферате представлена формула кальцийдефицитного гидроксипатита  $\text{Ca}_{8,86}(\text{PO}_4)_6(\text{H}_2\text{O})_2$ , которая не отвечает требованию электронейтральности.
- 4) В автореферате (стр. 13) написано: «В связи с наличием в системе  $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}\text{-Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  регулятора твердения  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  и образованием быстротвердеющего ДКФД в составе цементного камня, сроки схватывания цемента зависят от исходного состава». Каким образом, в следствие протекания каких процессов  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  влияет на сроки схватывания?
- 5) Стр. 15, рис. 6. Что означает зеленый цвет на рисунке, представляющем схему резорбции частиц кальцийфосфатных цементов?
- 6) Просьба пояснить, почему именно кальцит, а не иные модификации карбоната кальция, выбран в качестве наполнителя при получении цементного камня.

3. Гольдберг Маргарита Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории керамических композиционных материалов №20 Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук. Отзыв содержит следующие замечания:

- 1) В исследованиях по определению фазового состава и свойств цементного камня использовано водотвердое отношение (В/Т) равное 0,5, выбор которого никак не обоснован в работе, однако является значимым при оценке свойств материалов.
- 2) В работе подробно изучено влияние состава и макропористости на кинетику высвобождения антибиотиков. Было бы желательным рассмотреть возможность дополнительного управления скоростью и профилем высвобождения за счет использования комбинаций антибиотиков с разной химической природой и механизмами связывания с цементной матрицей.

3) В таблице 3 представлены диаметры зон задержки роста бактериальных культур золотистого стафилококка и кишечной палочки с антибактериальными матриксами, но представленные величины безразмерные, что не дает возможности провести сравнение с существующими аналогами.

4. Котов Сергей Владимирович, кандидат технических наук, научный сотрудник сектора физико-химических испытаний Научно-исследовательского, проектно-конструкторского и технологического института бетона и железобетона им. А.А. Гвоздева (структурное подразделение Акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство»). Отзыв содержит один вопрос: «Каковы перспективы применения разработанных составов биоцементов в области аддитивных технологий?»

5. Сотин Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией «Функциональной диагностики и прототипирования» кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» факультета прикладной математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Отзыв содержит следующие вопросы и замечания:

- 1) Учитывая возможность функционализации кальцийфосфатных цементов путем объемного инкорпорирования и резорбируемость, есть ли перспективы использования цементов для доставки остеогенных факторов роста с целью ускоренной регенерации больших костных дефектов?
- 2) В работе не рассмотрены инъекционные составы кальцийфосфатных цементов, хотя возможность получения инъекционных форм является значительным преимуществом биоцементов перед другими материалами.

6. Волков Алексей Вадимович, доктор медицинских наук, заведующий паталогоанатомическим отделением Автономной некоммерческой организации «Центральная клиническая больница Святителя Алексия Митрополита Московского Московской Патриархии Русской Православной Церкви». Вопросы и замечания отсутствуют.

7. Белокрылов Николай Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделением травматологии и ортопедии Государственного бюджетного учреждения здравоохранения Пермского края «Краевая детская клиническая больница». Отзыв содержит одно замечание: «В работе убедительно показана возможность управления скоростью резорбции цемента за счет изменения его фазового состава в исследованиях *in vitro* и *in vivo*, однако отсутствует оценка биологического действия на клеточных культурах».

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широко известными достижениями и высокой компетентностью в области**

химии и технологии неорганических неметаллических биоматериалов, в том числе медицинского назначения, подтвержденной наличием значительного числа научных публикаций в области исследования защищаемой диссертации, а также спецификой и профилем диссертационной работы и выполнен в соответствии с пп. 22 и 24 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 действующей редакции).

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**Установлена** зависимость фазового состава цементного камня от исходного состава цемента в системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$  и определены условия возможных ионных замещений и наличия метастабильных фаз в составе.

**Выявлены и представлены** в виде диаграмм «состав-свойство» закономерности изменения основных физико-химических, физико-технических и физико-механических характеристик в зависимости от состава в системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ , определен механизм управления скоростью резорбции цементного камня.

**Установлена** корреляция между данными, полученными в экспериментах *in vitro* и *in vivo*, что позволило подтвердить зависимость и обосновать выдвинутую гипотезу о биологическом поведении цементов сложного состава, полученных в системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ .

**Установлена** зависимость кинетики гидратации подпрессованного цемента в диапазоне температур 20–80 °С от размера частиц исходного  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  и наличия порообразователя, природа которого в совокупности с температурными и влажностными условиями гидратации, определяет свойства макропористых матриц. Доказано, что управление резорбцией, макропористостью кальцийфосфатных цементов позволяет влиять на кинетические особенности выхода антибактериальной субстанции, с учетом вклада химической природы антибиотика в антимикробную эффективность материалов, полученных по цементной технологии.

**Установлено**, что скорость резорбции брушитно-ньюберитных высокорезорбируемых цементов переменного состава и выхода антибиотика для эффективного лечения септических воспалений костной ткани в локациях с высоким остеогенным потенциалом определяется соотношением ионов  $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  в  $\text{Ca}_x\text{Mg}_{(3-x)}(\text{PO}_4)_2$  ( $x=0-3$ ).

**Теоретическая значимость исследования обоснованы тем, что:**

Расширены представления о закономерностях формирования метастабильных фаз и ионных замещений в составе цементного камня,

полученного в системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ , подтверждающая гипотезу о возможном управлении биологическим поведением кальцийфосфатных цементов. Изменение концентраций исходных компонентов системы влияет на фазовый состав конечного продукта, увеличение метастабильных фаз и ионных замещений в котором увеличивает резорбируемость и скорость восстановления костной ткани.

Получены новые данные для создания макропористых матриц с объемно инкорпорированными антибактериальными веществами, позволяющий сохранить активность субстанций, внедрение которого вносит значительный вклад в развитие локальных систем доставки лекарственных средств.

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

1. Разработаны составы и фазовая диаграмма состава в цементной системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ , позволяющая конкретизировать фазовый состав твердых растворов цементного камня, что позволит управлять составом продукта.

2. Разработаны диаграммы состав-свойство для цементной системы  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ , что позволит получать медицинские изделия с прогнозируемыми свойствами.

3. Созданы новые антимицробные кальцийфосфатные материалы на основе цементов с регулируемой скоростью высвобождения антибактериальной субстанции, эффективные для лечения гнойно-септических воспалений костной ткани.

4. Разработаны технологические основы получения по цементной технологии макропористых кальцийфосфатных материалов, обладающих антибактериальным эффектом, с равномерным распределением и контролируемой скоростью выхода лекарственного вещества.

5. Экспериментально подтверждена гипотеза о биологическом поведении материалов, полученных в системе  $\alpha$ -  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ - $\text{CaCO}_3$ - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ - $\text{H}_2\text{O}$ , в том числе в условиях гнойно-септических воспалений, в аспекте изменения фазового состава посредством ионных замещений и наличия метастабильных фаз, что открывает новые перспективы для их применения в клинической практике.

6. Впервые представлена методика получения по цементной технологии макропористых матриц, обладающих антибактериальной активностью, путем экстракции из цементного камня неводными растворителями и сверхкритическими флюидами органического порообразователя, позволяющая сохранить активность и концентрацию инкорпорированной функциональной субстанции.

7. Разработан диапазон составов высокорезорбируемых брушитно-

ньюберитных цементов, которые позволяют контролировать скорость резорбции и выход антибиотика для лечения и профилактики гнойно-септических воспалений костной ткани в областях с высоким остеогенным потенциалом, что способствует повышению эффективности лечения и сокращению сроков восстановления пациентов.

8. Разработаны технические условия (ТУ9391-002-45194881-2016 «Имплантаты на основе фосфата кальция для пластической и реконструктивной хирургии «Нео-Ост-Кальций», пройдены технические, токсикологические и клинические испытания и получено регистрационное удостоверение на медицинское изделие №РНЗ 2017/5739 от 22.05.2017 г.

9. Разработанные антибактериальные материалы в настоящее время успешно применяются в ветеринарных клиниках для лечения и восстановления костной ткани у домашних животных.

10. Определены перспективы практического использования кальцийфосфатных материалов, полученных по цементной технологии, в том числе функционализированных, с регулируемой скоростью резорбции имплантата. Установлено, что применение разработанных синтетических остеопластических материалов позволит повысить эффективность устранения костных дефектов в локациях с различным остеогенным потенциалом и лечения воспалительных заболеваний костной ткани.

Научные результаты и выводы по диссертационной работе могут быть рекомендованы к рассмотрению и внедрению в научных организациях, занимающихся междисциплинарными исследованиями в области биомедицины, в том числе в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Институте химии силикатов имени И.В. Гребенщикова Российской академии наук, Национальном медицинском исследовательском центре травматологии и ортопедии имени Н.Н. Приорова и других. Материалы диссертации могут быть использованы в составе учебных курсов, связанных с изучением физико-химических основ получения неорганических неметаллических материалов биомедицинского назначения.

#### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– **экспериментальная часть** выполнена на сертифицированном оборудовании в соответствии со стандартными методиками испытаний и с использованием линейных животных при доказательстве соответствия *in vivo* и *in vitro* исследований. Используются статистически надежные методы обработки данных. Надежность результатов лабораторных исследований подтверждена хорошей повторяемостью результатов и применением современных методов исследования, такие как стандартные методики определения физико-механических

характеристик цемента, рентгенофазовый анализ, высоко эффективная жидкостная хроматография, сканирующая электронная микроскопия с энергодисперсионным анализом, ИК-спектроскопия с Фурье преобразованием, волнометрическое, калориметрическое, спектрофотометрическое исследования, микро-КТ, микробиологическое и морфологическое исследования, определение гранулометрического состава, потенциометрический метод, гранулометрический анализ, спектроскопия ядерного магнитного резонанса ЯМР  $^1\text{H}$ .

– **теоретическая часть** работы основана на фундаментальных положениях химии и технологии фосфатов кальция, учитывающих хорошо известные и подтвержденные закономерности физико-химических процессов, происходящих при производстве кальцийфосфатных материалов. Теоретические положения совпадают с экспериментальными данными, представленными в отечественных и зарубежных источниках, и подкреплены собственными результатами исследований, изложенными в настоящей диссертации;

– **идея базируется** на анализе имеющихся результатов и обобщении передового научного опыта фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых в области исследования свойств кальцийфосфатных цемента, а также гипотезе о том, что изменением концентраций исходных компонентов в многокомпонентной цементной системе  $\alpha\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{-CaCO}_3\text{-Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2\cdot\text{H}_2\text{O}\text{-Na}_2\text{HPO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}\text{-H}_2\text{O}$  возможно управление биологическим поведением цементного камня посредством ионных замещений, наличия метастабильных фаз и скоростью выхода антибактериальных субстанций, объемно наполняющих цементный камень, что повышает эффективность устранения костных дефектов и лечения воспалительных заболеваний костной ткани.

– **использованы** данные аналитического обзора научных исследований мирового уровня по тематике диссертационной работы. Полученные результаты и сделанные соискателем выводы не противоречат им и расширяют современные представления о закономерностях формирования цементного камня, химической модификации, в частности, ионных замещениях и получении метастабильных фаз в конечном продукте и возможности инкорпорирования функциональных субстанций для расширения области применения.

– **установлено** качественное соответствие авторских результатов по оценке свойств и эффективности разработанных составов научным данным независимых исследователей в ведущих мировых научных изданиях по данной тематике;

– **достоверность** полученных результатов обеспечена использованием методик эксперимента, соответствующих современному научному уровню исследований в предметной области работы, и подтверждена их согласованностью;

– **заключение диссертации** систематизирует ключевые научные положения и обобщает полученные результаты, формулирует четкие выводы относительно перспектив дальнейшего исследования рассматриваемых процессов и разработок и свидетельствует о высоком уровне научной компетенции автора и значимости проделанной работы для современного состояния науки и практики.

**Личный вклад соискателя состоит** в поиске и анализе литературных данных, постановке целей и задач, планировании экспериментов, выборе составов для определения физико-химических основ системы и влияния соотношения компонентов на состав, синтезе исходных материалов и получении цементного камня и медицинских материалов на его основе, определении характеристик всех представленных в работе материалов, в планировании и участии в проведении медико-биологических исследований, проведении интерпретации, анализе и обобщении полученных результатов, написании научных статей, отчетов, патентов и докладов на научных конференциях, изготовлении опытной партии образцов и документации для регистрации медицинского изделия в Росздравнадзоре России. Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством и завершенностью.

В ходе защиты диссертации были заданы следующие вопросы:

1. Существуют ли коммерческие кальцийфосфатные цементы, в том числе цементы, которые содержат антибактериальные вещества? Какие разработки в этой области были сделаны еще до Вас?

2. Разработанные кальцийфосфатные цементы используют только для животных? Применяются ли они для лечения костной ткани у людей?

3. Цементы с антибактериальными свойствами содержат антибиотики, а это органические вещества. Как они будут влиять на химическое взаимодействие в Вашей неорганической четырехкомпонентной системе?

4. Каким образом введение ионов магния в состав цементного камня будет влиять на организм и биологическую реакцию на имплантированный материал?

5. Можно ли использовать разработанный Вами цемент, допустим, для инъекционного способа введения, в качестве инъекций, или это пока невозможно?

6. Какой способ введения Вы сейчас рекомендуете для цементов, разработанных Вами?

7. Какого размера у Вас гранулы?

8. Доклинические испытания *in vivo* – это имеются ввиду испытания на животных?

9. Каков спектр антибиотиков, которые можно инкорпорировать в разработанные Вами цементы?

10. Вы получили регистрационное удостоверение на медицинское изделие. Это для людей или для домашних животных? Применяете Вы в материал в

ветеринарных клиниках, что следует из практической значимости, отраженной в автореферате.

11.С ветеринарной клиникой в Домодедово Вы не сотрудничаете?

12.Напомните, пожалуйста, и мне и всем присутствующим вот о чем. Когда-то давно на кафедре стекла Белецким, Власовой был разработан композит БАК-1000, и он очень успешно применялся во времена, особенно, конфликта с Чечней. Это было давно. По своим свойствам и по сфере применений сопоставьте Ваши цементные материалы с композитами Белецкого.

13.А сейчас материалы типа БАК-1000 используются?

14.Скажите, пожалуйста, на какие основные моменты влияют сроки схватывания и какие Вы считаете оптимальными?

15.Оно как-то связано с тем, что Вы вводите антибиотик и какого действие этого антибиотика на сроки схватывания матрикса?

16.Особенность действия в восстановлении костной ткани ньюберитовых цементов и других кальцийфосфатных цементов. В чем разница, есть ли какое-то существенное отличие?

17.Почему такое действие? Они более пористые, макропористые? В структуре в чем особенность?

18.6 слайд, пожалуйста. Почему были выбраны концентрации плоскости для среза 60, 70 и 80?

Соискатель Ю.С. Лукина ответила на заданные ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию:

*По первому вопросу* соискатель ответила, что кальцийфосфатные цементы в настоящее время производятся, на международном рынке есть несколько коммерческих продуктов составов гидроксиапатита и брушита. Один из этих коммерческих цементов компании Norian послужил основой для данной разработки, и в работе он представлен фигуративной точкой 1, от которой были определены дальнейшие составы для исследования. Другой тип цемента – брушитовый, среди них – один брушитовый цемент ChronOS представлен теми же исходными компонентами, что и в диссертационной работе, в качестве наполнителя в нем содержится ньюберит. Кальцийфосфатные цементы, содержащие антибактериальные вещества, в настоящее время отсутствуют, но ведутся разработки в этой области в разных странах.

*По второму вопросу* соискатель сообщила, что кальцийфосфатные цементы, содержащие антибактериальные вещества, используются в ветеринарной клинике с 2024 года постоянно. На людях гранулы на основе кальцийфосфатных цементов не применяются, несмотря на то, что они были зарегистрированы в Росздравнадзоре. Изменилась регуляторная политика и теперь необходимо, чтобы производственная площадка также контролировалась Росздравнадзором.

Производственная площадка должна соответствовать ГОСТ ISO 13485, что внесло некоторые сложности в производство и, соответственно, сроки сдвинулись.

*На третий вопрос* соискатель пояснила, что в работе использовались три антибактериальных вещества: ванкомицин, рифампицин и фосфомицин. Все они органического происхождения. Ванкомицин содержит карбоксильные, гидроксильные и аминогруппы, которые теоретически могут хелатировать кальций. Но скорее всего, комплекс не образуется или образуются быстрораспадающиеся неустойчивые комплексы, поскольку нет значительных изменений свойств кальцийфосфатных материалов при введении этого антибиотика. Рифампицин содержит хиноновые и гидроксильные группы, которые не хелатируют кальций. А вот фосфомицин взаимодействует с кальцием, образуя нерастворимую соль кальция фосфомицина, которая отрицательно влияет на протекание реакции, на механическую прочность, на пористость, и обладает меньшей антибактериальной эффективностью. Т.е. в данном случае идет взаимодействие антибиотика с неорганической матрицей, в связи с чем этот антибиотик лучше не использовать для инкорпорирования в цементы.

*По четвертому вопросу* соискатель ответила, что магний сам по себе является остеотропным ионом. Он присутствует в костной ткани, особенно при начале ее образования. Магний провоцирует дифференцировку и пролиферацию остеогенных клеток, таким образом стимулирует формирование костной ткани. Если он вносится в состав брүшитового цемента (допируется), то он предотвращает перекристаллизацию брүшита в гидроксипатит при длительной имплантации. Проблема перекристаллизации со временем метастабильной фазы дикальцийфосфата дигидрата в гидроксипатит известна. Ионы магния предотвращают это явление, оставляя фазу дикальцийфосфата дигидрата в течение всего периода имплантации.

*По пятому вопросу* соискатель ответила, что занимается инъекционными составами цементов, и было много проведено исследований в этой области. Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук была посвящена инъекционным формам брүшитового цемента. Инъекционные формы гидроксипатитового цемента также разработаны, однако соискатель не стала это выносить на защиту, поскольку не все понятно с биологической реакцией, а именно, иногда происходит инкапсуляция и нужно разобраться с первопричинами такого поведения. Поэтому инъекционные цементы есть и коммерческие, но по результатам исследований соискателя они себя ведут не всегда одинаково и требуют дополнительных исследований.

В дополнение к этому *на шестой вопрос* соискатель добавила, что в настоящее время применяются гранулы, которые являются системой доставки лекарственных средств, что используется в большей степени в ветеринарной

практике, а также макропористые матриксы. Если дефекты большие (крупных размеров), то заполнение гранулами может быть не очень удобным, тогда применяют матриксы геометрически четких размеров.

*По седьмому вопросу* соискатель уточнила, что гранулы могут быть любого размера. Наиболее подходящим для этих целей размером гранул является 250-500 микрон, но в целом это все регулируется.

*На восьмой вопрос* соискатель пояснила, что *in vivo* – это доклинические испытания на животных. Все исследования проводили на крысах линии Wistar.

*По девятому вопросу* соискатель ответила, что нужно смотреть каждый антибиотик в отдельности, поскольку от набора функциональных групп, входящих в состав антибиотика, зависит его возможное взаимодействие с матрицей. Очень важно, чтобы антибиотик не оказывал влияние на неорганическую матрицу, полнота протекания реакции была бы максимальной, для того, чтобы свойства сохранялись, и при этом активность антибиотика тоже не терялась при взаимодействии с матриксом. С фосфомицином получается плохая ситуация. Когда идет взаимодействие, нарушается матрица при неполноте протекания реакции, что влечет за собой уменьшение прочности и так далее, плюс сам антибиотик становится менее активным в короткий промежуток времени. Поэтому в данном случае можно рекомендовать проверенные антибиотики ванкомицин и рифампицин, для всех остальных антибиотиков нужно проводить дополнительные исследования.

*На десятый вопрос* соискатель пояснила, что материал разработан для людей, но используется сейчас в ветеринарных клиниках, поскольку там не требуется регистрационное удостоверение. То, что сейчас используется в клинике, отличается от того, что широко востребовано, в этом есть определенная проблема. Востребована локальная система доставки лекарственных средств. Регистрационное удостоверение получено на кальцийфосфатные цементы, не содержащие антибиотиков. Второго регистрационного удостоверения пока нет, возможно, что в будущем оно появится. Но материалы антибиотикосодержащие есть, они востребованы и могут использоваться в ветеринарной практике без регистрационного удостоверения.

*На одиннадцатый вопрос* соискатель ответила, что филиалы Ветеринарного центра «МЕТВЕД» расположены по всей России, головная клиника в Троицке, и главный врач заинтересован в применении этого материала во всех своих клиниках.

*По двенадцатому вопросу* соискатель ответила, что, по ее мнению, основное свойство материалов типа БАК – это его нерезорбируемость в организме. Этот материал является остокондуктивным, он макропористый, он прорастает костной тканью, у него хорошая интеграция с костной тканью, но он остается в организме

в отличие от цементов, которые резорбируются со временем полностью. Это их значительное преимущество перед всеми материалами типа БАК.

*По тринадцатому вопросу* соискатель сообщила, что не имеет сведений о применении этих материалов в настоящее время.

*На четырнадцатый вопрос* соискатель ответила, что сроки схватывания прежде всего имеют значение, если цемент подается в виде пасты или в виде инъекционного состава. В этом случае сроки схватывания очень важны. Для тех форм, которые предлагаются, гранулы и матриксы, сроки схватывания уже не оказывают такого большого влияния, но влияют на технологический процесс: время на замешивание, укладку в форму. Также необходимо понять по формуемому объему, сколько надо времени для этого процесса. Соискатель пояснила, что ориентировалась на 10 минут, потому что это время начала схватывания для большинства коммерческих цементов, что было клинически определено.

*По пятнадцатому вопросу* соискатель пояснила, что сроки схватывания незначительно увеличиваются при введении антибиотика рифампицина и ванкомицина, поскольку не образуется устойчивых хелатных комплексов, которые бы его цепляли и влияли на матрицу, поэтому и сроки схватывания сдвигаются немного. Но это все можно регулировать составами, и в работе показано, что по прямой, которая идет от точки максимального количества додекагидрата гидрофосфата натрия через каждую фигуративную точку, можно поднимать точку в любое место, регулируя таким образом сроки схватывания состава любой фигуративной точки.

*По шестнадцатому вопросу* соискатель ответила, что механизм один и тот же, только брушитно-ньюберитные цементы обладают высокой скоростью резорбции, и поэтому они применяются чаще всего в тех локализациях, где высокий регенераторный потенциал, где быстрее восстановление, это кисти рук, верхняя челюсть, может быть дистальная часть бедра и в клинической практике у детей в детской хирургии, поскольку их остеогенный потенциал выше, чем у взрослых.

В дополнении к этому *на семнадцатый вопрос* соискатель добавила, что кристаллы совершенно разные. Гидроксипатитовый цемент представлен преимущественно наноразмерными кристаллами с большим количеством контактов между ними. У них выше прочность, меньше пористость. Брушитно-ньюберитовый цемент – большими по размеру кристаллами, у него выше пористость (до 60%), они более резорбируемые и менее прочные.

*На восемнадцатый вопрос* соискатель ответила, что, в вершине тетраэдра – четырехкомпонентной диаграммы состояния,  $\alpha$ -трикальцийфосфат и при взаимодействии с водой с ним будет идти одна реакция – гидролиз

трикальцийфосфата до кальцийдефицитного гидроксиапатита. Смысл был в рассмотрении метастабильных фаз и замещение фосфат-ионов на карбонат-ионы для увеличения растворимости, в связи с этим сечения должны были быть ниже. Первая фигуративная точка принадлежит сечению ТКФТ80 и соответствует коммерческому составу Norian, от которого сформировалось все это исследование по регулированию скорости резорбции, на сечении ТКФ 80 были взяты дополнительно еще одиннадцать точек. В сечении 60 в точке концентрационного треугольника с максимальным количеством монокальцийфосфата моногидрата образуется уже брушитный цемент, потому что взаимодействует трикальцийфосфат с монокальцийфосфатом моногидратом, который составляет оставшиеся 40%. При уменьшении ТКФ сроки схватывания, прочность уменьшаются. Рассматривать сечения ниже ТКФ 60 уже нецелесообразно.

На заседании «26» февраля 2026 года диссертационный совет за новые научно-обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны, а именно – за решение задачи по управлению резорбцией кальцийфосфатных цементов и высвобождением функциональных веществ, что позволило разработать синтетические остеопластические материалы по цементной технологии для повышения эффективности устранения костных дефектов и лечения воспалительных заболеваний костной ткани, принял решение присудить Лукиной Юлии Сергеевне ученую степень доктора технических наук.

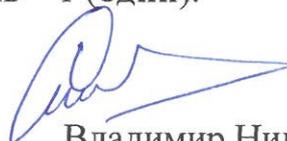
По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, по направлению исследований: «2. Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы (СиТНМ): Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из СиТНМ, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов, формования заготовок или изделий, их упрочнения, высокотемпературных процессов, обработки материалов и изделий для придания им требуемых свойств, формы и размеров. Конструирование изделий и оснастки. Технологические схемы производства материалов и изделий. Ресурсо- и энергосбережение».

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **14** человек, из них **14** докторов наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, участвовавших в

заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 13 (**тринадцать**), против присуждения учёной степени – нет, недействительный бюллетень – 1 (**один**).

Председатель диссертационного совета,  
доктор химических наук, профессор



Владимир Николаевич Сигаев

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор химических наук, профессор



Ольга Борисовна Петрова

26 февраля 2026 года

