

## УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-технологическому  
развитию ФГАОУ ВО Первый МГМУ  
им. И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)  
Доктор фармацевтических наук, доцент

В.В. Тарасов

2025 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский  
университет имени И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)**

на основании решения заседания Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Диссертация «Фабрикация гидрогелевых тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции в красном и ближнем инфракрасном диапазоне» на соискание ученой степени кандидата биологических наук выполнена в Институте регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Бикмулина Полина Юрьевна, 1997 года рождения, гражданство Российской Федерации, окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский

государственный университет имени М.В. Ломоносова» в 2021 году по направлению «Биология».

В 2020 году зачислена в число аспирантов 1-ого курса на очную форму обучения по основной профессиональной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 06.06.01 Биологические науки.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов №22/195 от 10.11.2022 г. выдана в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова».

С 2023 года работает в должности руководителя Дизайн-центра «Биофабрика» Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по настоящее время.

#### **Научные руководители:**

Тимашев Петр Сергеевич, доктор химических наук, профессор, и.о. директора Института регенеративной медицины, научный руководитель Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Кошелева Настасья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, доцент Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Текст диссертации был проверен в системе «Антиплагиат» и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

По итогам обсуждения диссертационного исследования «Фабрикация гидрогелевых тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции в красном и ближнем инфракрасном диапазоне», представленного на соискание ученой степени кандидата биологических наук

по специальностям 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия, 1.5.22. Клеточная биология, принято следующее заключение:

- **Оценка выполненной соискателем работы**

Выполненная работа представляет собой законченную, самостоятельную научно-квалификационную работу. В работе предлагается новое решение для одной из актуальных задач: применение метода фотобиомодуляции и 3D экструзионной биопечати для получения жизнеспособных трехмерных биоэквивалентов. В целом работа Бикмулиной П.Ю. на тему «Фабрикация гидрогелевых тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции в красном и ближнем инфракрасном диапазоне» является научным трудом, который отличается актуальностью темы, новизной и достоверностью результатов, научной и практической значимостью. В ходе работы выбран оптимальный состав гидрогеля для 3D экструзионной биопечати, исследована динамика изменения метаболической активности мезенхимных стромальных клеток в трехмерных условиях, установлены эффекты фотобиомодуляции различных режимов в условиях трехмерных гидрогелей. Разработан протокол получения жизнеспособных и метаболически активных биоэквивалентов с использованием методов фотобиомодуляции и 3D экструзионной биопечати. Работа соответствует всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

- **Актуальность темы диссертационного исследования**

Технология 3D биопечати становится ключевым направлением в тканевой инженерии и регенеративной медицине, предлагая перспективы для создания органов для трансплантации и аналогов тканей для тестирования лекарств. Однако данная технология зачастую сопряжена с проблемами выбора оптимальных сочетаний биоматериалов и клеток, а также техническими сложностями, связанными с низкой выживаемостью клеток после биопечати.

Одним из методов, перспективным для решения этой проблемы, является фотобиомодуляция (ФБМ). Этот метод применяется в терапии различных

заболеваний и основан на нетепловом воздействии света красной и ближней инфракрасной области спектра. ФБМ эффективна благодаря способности света проникать в глубокие ткани, вызывая фотохимические реакции, которые активируют метаболические процессы и регенерацию. Несмотря на обширные исследования, механизмы клеточного ответа на ФБМ, особенно в контексте первичных культур и трехмерных систем культивирования, остаются недостаточно изученными. В данной работе представлены результаты анализа эффекта фотобиомодуляции различных режимов в условиях трехмерных биоэквивалентов, полученных методом 3D экструзионной биопечати.

- **Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации**

Научные результаты, обобщенные в работе Бикмулиной П.Ю., получены ею самостоятельно в ходе работы в Институте регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Автору принадлежит ведущая роль в характеристике первичных культур мезенхимных стромальных клеток и гидрогелей различного состава, разработке способа 3D биопечати на основе сфероидов из мезенхимных стромальных клеток и анализа биологических свойств полученных биоэквивалентов. Автор самостоятельно планировал и проводил эксперименты, обрабатывал, анализировал и интерпретировал результаты исследований. Результаты проведенного исследования были представлены автором в 10 научных публикациях.

- **Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность полученных результатов определяется использованием достаточного количества биологических образцов, рассчитанного при планировании эксперимента, а также использованием методов исследования, которые соответствуют поставленным в работе целям и задачам. Исследование проводилось с использованием сертифицированного научного оборудования и реактивов. Были получены гистограммы и первичные данные проточной

цитометрии для анализа иммунофенотипа мезенхимных стромальных клеток альвеолярной слизистой оболочки свободной десны человека. Был проведен анализ реологических свойств модифицированного фибринового гидрогеля с получением количественных значений модуля сохранения и модуля потерь при динамических измерениях. Выполнен анализ реологических свойств гидрогеля на основе фибрина и желатина с получением количественных значений модуля сохранения и модуля потерь при динамических измерениях и изменении температуры. Была создана и использована для расчетов электронная база микрофотографий клеток и сфероидов в различных типах гидрогелей с использованием лазерной сканирующей конфокальной микроскопии. Был проведен анализ жизнеспособности и пролиферативной активности клеток и сфероидов в 2D и 3D условиях с получением количественных значений интенсивности флуоресценции. Собрана электронная база микрофотографий для расчета оптимальных параметров печатемости гидрогеля на основе фибрина и желатина. Были получены микрофотографии и первичные данные морфометрического анализа спраутинга сфероидов и миграции клеток в 3D условиях. Проведен метаболический анализ культур при воздействии фотобиомодуляции двух различных режимов с получением количественных значений интенсивности флуоресценции.

Результаты исследования научно обоснованы, достоверность полученных результатов подтверждена проведенным статистическим анализом с использованием статистических методов в сертифицированной компьютерной программе «GraphPad Prism 9». Полученные в рамках диссертационного исследования научные результаты легли в основу написания статей, опубликованных в высокорейтинговых зарубежных журналах 1-2 квартилей.

- **Научная новизна результатов проведенных исследований**

В настоящей работе проведено сочетание фотобиомодуляции (ФБМ) с 3D экструзионной биопечатью для создания тканеинженерных конструкций; исследованы эффекты ФБМ для клеточных сфероидов из мезенхимных стволовых клеток в трехмерной среде; установлены механизмы двух различных

режимов ФБМ в трехмерных условиях; установлен способ получения жизнеспособных тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с высокой метаболической и пролиферативной активностью.

- **Практическая значимость проведенных исследований**

Данное диссертационное исследование предлагает новое решение для биопечати жизнеспособных тканеинженерных конструкций, основанное на использовании метода фотобиомодуляции. Полученные результаты могут иметь важное значение для разработки новых типов тканеинженерных конструкций, включающих в себя новые типы клеток, стандартизованные с использованием комплекса методов, а также пригодные для масштабирования. На основе проведенных в рамках диссертационного исследования работ зарегистрированы три объекта интеллектуальной собственности (патенты на изобретение РФ).

- **Ценность научных работ соискателя ученой степени**

Бикмулиной П.Ю. было проведено сопоставление выживаемости, метаболической и пролиферативной активности сфероидов из мезенхимных стромальных клеток при культивировании в гидрогелях различного состава и выполнен анализ влияния процесса 3D экструзионной биопечати на жизнеспособность клеток, их миграционную активность и способность к дифференцировке. Был описан и запатентован способ диссоциации клеточных сфероидов на отдельные клетки с целью их дальнейшего анализа. Было описано влияние фотобиомодуляции на метаболическую активность клеток и установлены мишени фотобиомодуляции двух режимов в мезенхимных стромальных клетках. Сформулированы соответствующие практические рекомендации. Установлен оптимальный способ 3D экструзионной биопечати жизнеспособных и функциональных биоэквивалентов на основе мезенхимных стромальных клеток.

Полученные данные являются основой для изучения клеточных тканеинженерных конструкций как объектов для моделирования процессов регенерации и морфогенеза *in vitro*.

Полученные в исследовании данные позволили дополнить имеющуюся информацию о механизмах взаимодействия мезенхимных стромальных клеток, а также сфероидов на их основе, с гидрогелевыми скаффолдами при трехмерной биопечати и их роли в процессах формирования биоэквивалентов. Полученные в исследовании данные позволили определить протокол получения объемных многослойных тканеинженерных конструкций с выживаемостью более 90% к 14-м суткам культивирования. Также были определены оптимальные параметры фотобиомодуляции, способствующие улучшению жизнеспособности и функциональности клеточных конструкций.

Основные положения и результаты диссертации отражены в 10 научных работах, опубликованных в рецензируемых изданиях.

- **Внедрение результатов диссертационного исследования в практику**

Результаты исследования были внедрены в учебный процесс Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) при изучении дисциплин "Введение в регенеративную медицину", "Биопринтинг", "3D принтинг", читаемых студентам по направлениям подготовки (специальностям) 31.05.01 «Лечебное дело», 31.05.02 «Педиатрия», 06.04.01 «Биология», 28.04.03 «Наноматериалы», 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов», акт о внедрении результатов диссертации №516 от 14.10.2024 г.

- **Научная специальность, которой соответствует диссертация**

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия, направлениям исследований согласно пунктам: 10 (Создание заменителей органов и тканей); 11 (Разработка инженерных принципов и развитие концепции инженерного подхода в биологии для создания искусственных органов); 18 (Выращивание методами

регенеративной медицины органов и тканей для компенсации утраченных или компенсации их пониженных физиологических функций).

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 1.5.22. Клеточная биология, направлениям исследований согласно пунктам: 11 (Изучение закономерностей изменения структурной и цитохимической организации клеток при культивировании их вне организма, изучение особенностей формирования тканей *in vitro*); 12 (3D-культуры); 13 (Изучение цитохимических и физиологических аспектов жизненного цикла клеток при экспериментальных воздействиях); 14 (Исследование адаптации клеток и тканей к действию различных факторов внешней среды); 18 (Энергетика клетки, регуляция редокс-статуса клетки).

• **Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем**

По теме диссертации опубликовано 25 работ, в том числе: научных статей, отражающих основные результаты диссертации – 19 статей, из них:

- в журналах, включенных в международные базы: Scopus – 2 оригинальные статьи, Web of Science – 4 оригинальные статьи, Springer – 1 оригинальная статья; - в иных изданиях – 12 статей. Обзорных статей – 3. Патент на изобретение – 3.

Оригинальные научные статьи в научных изданиях, включенных в международные, индексируемые базы данных (Web of Science, Scopus, Springer):

1) Beyond 2D: effects of photobiomodulation in 3D tissue-like systems / P.Y. Bikmulina, N.V. Kosheleva, A.I. Shpichka, [et al.] // Journal of Biomedical Optics. – 2020. – Vol. 25. - №4. – P.1-16. doi: 10.1117/1.JBO.25.4.048001. PMID: 32351077; PMID: PMC7189416. [Scopus, Web of Science]

2) Photobiomodulation enhances mitochondrial respiration in an *in vitro* rotenone model of Parkinson's disease / P.Y. Bikmulina, N.V. Kosheleva NV, A.I. Shpichka, [et al.] // Optical Engineering. – 2020. - Vol. 59. - №6. doi: [10.1117/1.OE.59.6.061620](https://doi.org/10.1117/1.OE.59.6.061620). [Scopus]

- 3) Engineering a Model to Study Viral Infections: Bioprinting, Microfluidics, and Organoids to Defeat Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) / A.I. Shpichka A, P.Y. Bikmulina, M.A. Peshkova M, [et al.] // International Journal of Bioprinting. - 2020. – Vol.6. - №4. doi: 10.18063/ijb.v6i4.302. PMID: 33089000; PMCID: PMC7557357. [Scopus, Web of Science]
- 4) The Structural Features of Native Fibrin and Its Conjugates with Polyethylene Glycol and Vascular Endothelial Growth Factor according to Small-Angle X-Ray Scattering / P.V. Konarev, V.A. Grigorev, P.Y. Bikmulina, [et al.] // Reviews and Advances in Chemistry. – 2020. – Vol. 10, - P. 158–163. doi: 10.1134/S2079978020030036 [Springer]
- 5) 3D or not 3D: a guide to assess cell viability in 3D cell systems / P.Y. Bikmulina, N.V. Kosheleva, Y.M. Efremov Y, [et al.] // Soft Matter. – 2022. – Vol.18. - №11. – P. 2222-2233. doi: 10.1039/d2sm00018k. PMID: 35229856. [Scopus]
- 6) Building a tissue: Mesenchymal and epithelial cell spheroids mechanical properties at micro- and nanoscale / N.V. Kosheleva, Y. M. Efremov, P.I. Koteneva, [et al.] // Acta Biomaterialia. – 2023. – Vol.15. - №165. – P.140-152. doi: 10.1016/j.actbio.2022.09.051. PMID: 36167239. [Scopus, Web of Science]
- 7) Building a tissue: gingiva- and adipose-derived mesenchymal cell spheroids' survivability and functionality after 3D extrusion bioprinting / P.Y. Bikmulina, N.V. Kosheleva, Yu. M. Efremov Yu., [et al.] // Bioprinting. – 2023. - Vol. 32. doi:10.1016/j.bprint.2023.e00279. [Scopus, Web of Science]

#### Иные публикации:

- 1) Photobiomodulation in 3D tissue engineering / P.Y. Bikmulina, N.V. Kosheleva, A.I. Shpichka, [et al.] // Journal of Biomedical Optics. – 2022. – Vol. 27. - №9. doi: 10.1117/1.JBO.27.9.090901. PMID: 36104833; PMCID: PMC9473299. [Scopus, Web of Science]
- 2) Fibrin-based Bioinks: New Tricks from an Old Dog / A.I. Shpichka, D.A. Osipova, Yu. M. Efremov Y, [et al.] // International Journal of Bioprinting. – 2020. –

[Scopus, Web of Science]

3) LIFT of cell spheroids: Proof of concept / A.A. Antoshin, E.M. Minaeva, P.I. Koteneva P., [et al.] // Bioprinting. – 2023. – Vol. 34. doi: [10.1016/j.bprint.2023.e00297](https://doi.org/10.1016/j.bprint.2023.e00297). [Scopus, Web of Science]

#### Патенты:

1) Патент RU2744301C1 Российская Федерация, МПК C12N1/00 (2006-01-01). Способ получения мультипотентных мезенхимных стромальных клеток из пупочного канатика новорожденного : RU2744301C1 : заявл. 21.07.2020 : опубл. 05.03.2021 / Свистунов А.А., Бутнару Д.В., Тимашев П.С., Кошелева Н.В., Бикмулина П.Ю., Пешкова М.А., Шпичка А.И. // Патентон.ру: электрон. справочник патентов URL: <https://patenton.ru/patent/RU2744301C1>

2) Патент RU2779742C1 Российская Федерация, МПК C12N5/02(2006-01-01). Способ получения суспензии единичных жизнеспособных клеток из клеточных сфероидов : RU2785136C1 : заявл. 10.08.2021 : опубл. 13.09.2022 / Свистунов А.А., Бутнару Д.В., Тимашев П.С., Кошелева Н.В., Бикмулина П.Ю., Пешкова М.А., Шпичка А.И. // Патентон.ру: электрон. справочник патентов URL: <https://patenton.ru/patent/RU2779742C1>

3) Патент RU2785136C1 Российская Федерация, МПК C12N5/02(2006-01-01). Способ получения матрикс-связанных везикул из монослойных культур клеток и клеточных сфероидов : RU2785136C1 : заявл. 12.11.2021 : опубл. 05.12.2022 / Бутнару Д.В., Тимашев П.С., Пешкова М.А., Кошелева Н.В., Власова И.И., Бикмулина П.Ю., Шпичка А.И. // Патентон.ру: электрон. справочник патентов URL: <https://patenton.ru/patent/RU2785136C1>

#### Материалы конференций по теме диссертационного исследования:

1) Bikmulina P.Y., Butnaru D.V., Shpichka A.I., Timashev P.S., Kosheleva N.V., Zurina I.M., Semenova M.L., Gorkun A.A., Maximchik P.V., Yusupov V.I., Gogvadze V.G., Rochev Y.A., The stimulating effect of low-intensity LED irradiation on the in vitro model of Parkinson's disease // Physics, engineering and

- technologies for biomedicine. The 3rd International Symposium. Book of abstracts. - 2018. - P. 80-81. <https://elibrary.ru/item.asp?id=42836712>.
- 2) Бикмулина П.Ю., Кошелева Н.В., Шпичка А.И., Юсупов В.И., Гогвадзе В.Г., Тимашев П.С., Рочев Ю.А., Фотобиомодуляция метаболизма клеток в 3D-системах // Гены и Клетки. – 2019. - с. 37-38. <https://doi.org/10.23868/gc122216>.
- 3) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Rochev Y.A., Low Intensity LED Irradiation Improves Cell Viability in 3D Scaffolds // Сборник материалов TERMIS European Chapter Meeting – 2019. – P. 1260.
- 4) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Rochev Y.A., Photobiomodulation enhances mitochondrial respiration in an in vitro rotenone model of Parkinson`s disease // Сборник тезисов III Международного биомедицинского саммита им. Сеченова (SIBS-2019). Biomed Hub. – 2019. - p. 6-7. <https://doi.org/10.1159/000502594>.
- 5) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Yusupov V.I., Gogvadze V.G., Rochev Y.A., Timashev P.S., Photobiomodulation of cell metabolism within 3D tissue-engineered structures // Медицинская физика (ТКМФ-7) Сборник тезисов VII Троицкой конференции с международным участием. – 2020. - с. 179-180. <https://elibrary.ru/item.asp?id=44712754>.
- 6) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Yusupov V.I., Gogvadze V.G., Rochev Y.A., Timashev P.S., Design of tissue equivalents: MSC spheroids as building blocks in 3D bioprinting // Сборник тезисов V Международного биомедицинского саммита им. Сеченова (SIBS-2021). – 2021. - p. 3.
- 7) Бикмулина П.Ю., Кошелева Н.В., Шпичка А.И., Юсупов В.И., Рочев Ю.А., Тимашев П.С., Фотобиомодуляция метаболизма мезенхимальных стромальных клеток в трехмерных тканеинженерных конструктах // Сборник тезисов IX съезда Российского Фотобиологического Общества. – 2019. - с. 117.
- 8) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Efremov Y.M., Kuryanova A.S., Vladimirov G.K., Bardakova K.N., Timashev P.S., 3D bioprinted fibrin-gelatin-based structures preserve the functionality of MSC spheroids // Сборник тезисов международной конференции XXV Saratov Fall Meeting. - 2021. - P. 54.

9) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Yusupov V.I., Rochev Y.A., Timashev P.S., Red and near-infrared photobiomodulation of MSCs metabolism in 3D conditions // 2022 International Conference Laser Optics (ICLO), Saint Petersburg, Russian Federation. – 2022. - p. 1. doi: 10.1109/ICLO54117.2022.9839807.

10) Бикмулина П.Ю., Кошелева Н.В., Шпичка А.И., Тимашев П.С., 3D биопечать функциональных трехмерных конструкторов на основе сфероидов из мезенхимных стромальных клеток // Сборник тезисов Национального Конгресса по регенеративной медицине. Гены и Клетки. - 2022. <https://genescells.ru/2313-1829/article/view/122017>.

11) Бикмулина П.Ю., Кошелева Н.В., Шпичка А.И., Тимашев П.С., Биофабрикация трехмерных тканеинженерных конструкций с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции // Сборник тезисов семинара «Современные тренды в биофотонике 2023». – 2023. - С. 36.

12) Bikmulina P.Y., Kosheleva N.V., Shpichka A.I., Timashev P.S., Photobiomodulation stimulates the survivability of 3D bioprinted MSC-based spheroids // Сборник материалов Royan International Hybrid Twin Congress 2024. p. 135.

**Основные положения диссертации были доложены и обсуждены на научных конференциях:**

1) Photobiomodulation enhances mitochondrial respiration in an in vitro rotenone model of Parkinson`s disease / III, IV, V и VII Сеченовский международный биомедицинский саммит (SIBS) (Москва, 2019, 2020, 2021, 2023 г.; стендовый и секционный доклад);

2) Low Intensity LED Irradiation Improves Cell Viability in 3D Scaffolds / Европейский конгресс Международного общества по тканевой инженерии и регенеративной медицине (TERMIS EU) (Родос, Греция, 2019 г.; секционный доклад);

- 3) Фотобиомодуляция метаболизма клеток в 3D-системах / IV Национальный конгресс по регенеративной медицине (Москва, Россия, 20-23 ноября 2019 г., секционный доклад);
- 4) Фотобиомодуляция клеточного метаболизма в 3D-культурах / VIII международная научно-практическая конференция «Биотехнология: наука и практика» (Ялта, Россия, 22-26 сентября 2020 г., секционный доклад);
- 5) Photobiomodulation of cell metabolism within 3D tissue-engineered structures / VII Троицкая конференция с международным участием "Медицинская физика" (ТКМФ-7) (Троицк, Россия, 19-21 октября 2020 г., стендовый доклад);
- 6) Фотобиомодуляция метаболизма мезенхимальных стромальных клеток в трехмерных тканеинженерных конструктах / IX съезд Российского Фотобиологического Общества (Шепси, Россия, 12-19 сентября 2021 г., секционный доклад);
- 7) 3D bioprinted fibrin-gelatin-based structures preserve the functionality of MSC spheroids / XXV Saratov Fall Meeting 2021 (Саратов, Россия, 27 сентября – 1 октября 2021 г., секционный доклад);
- 8) Биопечать функциональных трехмерных конструктов со сфероидами из мезенхимных стромальных клеток / Форум «Наука будущего – наука молодых», финальный этап (Москва и Калининград, Россия, 17- 20 ноября 2021 г., стендовый и устный доклад);
- 9) Red and near-infrared photobiomodulation of MSCs metabolism in 3D conditions / International Conference Laser Optics, ICLO 2022 (Санкт-Петербург, Россия, 20-24 июня 2022 г.);
- 10) 3D биопечать функциональных конструктов на основе сфероидов из мезенхимных стромальных клеток / 3D технологии в клинической анатомии (Самара, Россия, 8-10 сентября 2022 г., секционный доклад);
- 11) Биофабрикация функциональных трехмерных конструктов с помощью биопечати сфероидами / Всероссийский молодежный конкурс научных проектов #ВЦЕНТРЕНАУКИ, финальный этап (Сочи, Россия, 1-3 декабря 2022 г., устный доклад);

- 12) Cellular spheroids and organoids as a bioink component for 3D extrusion bioprinting / Regenerative Medicine International Symposium; Chronic and Degenerative diseases (Тегеран, Иран, 6 декабря 2022 г., секционный доклад);
- 13) Биофабрикация трехмерных тканеинженерных конструкций с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции / Современные тренды в биофотонике 2023 (Нижний Новгород, Россия, 3-6 июля 2023 г., секционный доклад);
- 14) Photobiomodulation stimulates the survivability of 3D bioprinted MSC-based spheroids / Royan International Hybrid Twin Congress (Тегеран, Иран, 28-30 августа 2024 г., стендовый доклад).

### **Заключение**

Диссертация соответствует требованиям п. 21 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), утвержденного приказом от 06.06.2022 г. № 0692/Р, и не содержит заимствованного материала без ссылки на авторов.

Первичная документация проверена и соответствует материалам, включенным в диссертацию.

Диссертационная работа Бикмулиной Полины Юрьевны «Фабрикация гидрогелевых тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с использованием методов 3D биопечати и фотобиомодуляции в красном и ближнем инфракрасном диапазоне» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия, 1.5.22. Клеточная биология.

Заключение принято на заседании Института регенеративной медицины Научно-технологического парка биомедицины ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Присутствовало на заседании 94 чел.

Результаты голосования: «за» – 53 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось»  
– 0 чел., протокол №5 от «21» апреля 2025 г.

**Председательствующий на заседании**

Доктор биологических наук, профессор Института регенеративной медицины  
Научно-технологического парка биомедицины  
ФГАОУ ВО Первый МГМУ  
имени И.М. Сеченова Минздрава России  
(Сеченовский Университет)



И.В. Уласов