

## ОТЗЫВ

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

Подходы к тканевой инженерии требуют принципиально новых решений для воссоздания сложных морфогенетических процессов *in vitro*. Представленная работа предлагает подход к биофабрикации тканевых эквивалентов, где ключевое внимание уделено воспроизведению клеточно-матриксных взаимодействий в трехмерной среде.

В данном исследовании была разработана биомиметическая гидрогелевая система, обеспечивающая формирование трехмерных адгезивных условий за счет наличия в составе биополимеров (в первую очередь, фибрина), пористости и оптимизированных реологических свойств. Была показана способность клеток к адаптации и взаимодействию друг с другом и с матриксом после биопечати с использованием разработанного гидрогеля.

В ходе исследования была проведена комплексная характеристика реологических свойств фибрин-желатинового гидрогеля, включая оценку вязкости, модуля упругости и печатаемости, что позволило установить оптимальные параметры для экструзионной биопечати. Особую ценность представляет разработанный алгоритм подбора параметров печати (скорость экструзии, давление, температура), позволяющий адаптировать процесс биопечати под конкретные задачи тканевой инженерии. Полученные данные свидетельствуют, что состав гидрогеля и параметры биопечати обеспечивают не только оптимальную печатаемость, но и создают оптимальные условия для последующего роста клеток в напечатанных конструкциях.

Методологическая ценность работы заключается в создании платформы для получения и стандартизованного анализа тканеинженерных конструкций. Также показана перспективность комбинации сфероидов из МСК и фотобиомодуляции для получения жизнеспособных тканеинженерных конструкций, что потенциально возможно применить в различных областях регенеративной медицины.

Проведенное исследование способствует развитию тканевой инженерии, предлагая новые решения для преодоления основных ограничений 3D-биопечати. Разработанные методики и протоколы создают основу для будущих исследований в области регенеративной медицины и открывают новые возможности для клинического применения созданных тканеинженерных конструкций. Научные положения диссертации Бикмулиной Полины Юрьевны на тему «Фабрикация гидрогелевых тканеинженерных конструкций на основе мезенхимных стромальных клеток с использованием методов 3D-биопечати и фотобиомодуляции в красном и ближнем инфракрасном диапазоне» соответствуют

паспорту научной специальности 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия, 1.5.22. Клеточная биология.

Таким образом, по данным автореферата, диссертационная 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» на соискание ученой степени кандидата биологических наук полностью соответствует требованиям п. 16 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), утвержденного приказом ректора № 0692/Р от 06.06.2022 года (с изменениями, утвержденными: приказом №1179/Р от 29.08.2023г., приказом №0787/Р от 24.05.2024г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор диссертационного исследования Бикмулина Полина Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальностям 1.1.10. Биомеханика и биоинженерия, 1.5.22. Клеточная биология.

кандидат биологических наук, доцент,  
доцент кафедры физиологии, клеточной биологии и биотехнологии,  
заместитель директора Института естественных наук по научной работе.  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет»

«11» 09 2025г.

 Черенков Иван Анатольевич

Подпись Черенкова И.А. заверяю

Учёный секретарь  
Учёного совета ФГБОУ ВО «УдГУ»



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Удмуртский государственный университет» (426034, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Университетская, 1, 8(3412) 68-16-10, место: @udsu.ru)