

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы **Цибульской Елены Олеговны**  
**«Численное и экспериментальное исследование процессов, протекающих  
в ротационном биореакторе при выращивании костной ткани»**,  
представленной на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы

Диссертация Цибульской Е.О. посвящена развитию нового научного направления – применению методов численного моделирования механики жидкости к разработке технологии тканевой инженерии костной ткани и экспериментальному подтверждению результатов расчёта разных модификаций конструкций биореактора ротационного типа.

*Актуальность и практическая значимость* диссертации определяется тем, что выращивание костных тканей для нужд реконструктивной остеопластики является перспективным и насущно необходимым направлением в современной биологии и медицине. Изучение методами численного и экспериментального моделирования структуры течения в биореакторе, определение вихревых и застойных зон, оценка механической нагрузки, создаваемой питательной средой на клеточную структуру, позволяют улучшить контроль физических условий в процессе биосинтеза, что крайне важно для эффективного наращивания биоматериала.

*Новизна* работы Цибульской Е.О. определяется, прежде всего, тем, что она находится на стыке биологии и механики. Применение экспериментальных методов оптической диагностики к решению медицинской проблемы позволяет получить детальную информацию о процессах наращивания тканей в биореакторах. Использование численного моделирования - провести виртуальные эксперименты в условиях, когда натурные эксперименты невозможны или их проведение затруднено.

*С методической точки зрения* важным является представленный в диссертации алгоритм обработки спектральных данных, полученных методом лазерно-индуцированной флуоресцентной спектроскопии, что позволяет оценить эффективность роста ткани.

*С научной точки зрения* представляет интерес анализ течений в различных моделях биологического реактора, а также разработанный автором новый алгоритм на основе МГК для анализа спектральных данных, позволяющий оценивать число флуоресцирующих компонент.

*Практически важным* является то, что в работе на основании проведенного численного анализа предложены дальнейшие пути развития технологии выращивания костной ткани.

*Достоверность* полученных результатов основана на использовании общепринятых методов исследования механики жидкости и подтверждается сопоставлением результатов, полученных при решении модельных задач с аналитическими решениями, а также верификацией расчетных данных, полученных в экспериментах.

Основное содержание работы включает:

- аналитический обзор литературных источников с описанием текущего состояния проблемы выращивания костного материала с использованием биореакторов. В обзоре приведен анализ существующих подходов и методов исследования;

- описание математической модели и постановку задачи для исследуемого нового ротационного реактора для наращивания костного материала на тонкой полимерной пленке. Результаты численного моделирования течения в модели исходно предложенной конструкции биореактора в широком диапазоне варьирования частоты вращения. Результаты оптической визуализации течения и распределения величины механической нагрузки потока жидкости на поверхность с клетками.

- описание методов улучшения условий культивирования биологического материала на тонкой полимерной пленке и изменения конструкции биореактора с целью дальнейшего развития технологии.

- разработку метода оптической диагностики выращиваемой в ротационном биореакторе костной ткани.

В целом диссертационная работа представляет собой законченное исследование.

Результаты исследований опубликованы в 18 печатных работах, в том числе в 6 научных статьях в изданиях, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ.

*Из текста автореферата неясно, проводились ли экспериментальные исследования характеристик качества выращиваемой предлагаемым методом костной ткани.*

В целом, судя по автореферату, диссертация Е.О. Цибульской выполнена на высоком научном уровне и в полной мере удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а соискатель заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9 – механика жидкости, газа и плазмы.

### ***Ларичкин Владимир Викторович***

Ученая степень - *доктор технических наук*

Научная специальность, по которой защищена диссертация - *01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы*

Ученое звание - *профессор*

Должность - *заведующий кафедрой инженерных проблем экологии*

*Новосибирского государственного технического университета*

Адрес организации: *630073, Россия, г. Новосибирск, проспект К. Маркса, д. 20*

Интернет-сайт организации - *https://www.nstu.ru*

E-mail: *larichkin@corp.nstu.ru*

Телефон: *+7(383)346-50-31*

Я, Ларичкин Владимир Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«\_17\_»\_\_12\_\_ 2021 г.    \_

Подпись автора отзыва Лари  
Ученый секретарь универси  
д.т.н., профессор Шумский I