

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.125.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ИМ. С.А. ХРИСТИАНОВИЧА  
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 24.12.2021 № 20

О присуждении Цибульской Елене Олеговне, гражданке РФ, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Численное и экспериментальное исследование процессов, протекающих в ротационном биореакторе при выращивании костной ткани» по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 15 октября 2021 г. (протокол № 16) диссертационным советом 24.1.125.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИТПМ СО РАН), 630090, Новосибирск, ул. Институтская, 4/1, утвержденным приказом Рособнадзора от 16.11.2007 г. №2249-1603 и продлением срока полномочий приказом Минобрнауки России от 10.09.2009 (№591925-1734), подтверждением полномочий от 11.04.2012 (№105/нк) и изменениями от 08.06.2016 (№ 661/нк), от 3.08.2018 (№59/нк) и от 15.10.2021 (№1046/нк).

Соискатель Цибульская Елена Олеговна, 15.06.1992 года рождения, в 2015 году соискатель окончила магистратуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет». В 2019 году соискатель окончила программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования

«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»),

работает младшим научным сотрудником в ФГБУН ИТПМ СО РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории “Лазерные технологии” ФГБУН ИТПМ СО РАН.

**Научный руководитель** – доктор физико-математических наук Маслов Николай Анатольевич, ведущий научный сотрудник лаборатории “Лазерные технологии” ФГБУН ИТПМ СО РАН.

**Официальные оппоненты:**

Якимов Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лазерных разрядов ФГБУН Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук;

Захаров Юрий Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ЮНЕСКО по информационным вычислительным технологиям ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном отзыве, подписанном Марковичем Дмитрием Марковичем, доктором физико-математических наук, академиком РАН, директором ИТ СО РАН, заведующим лабораторией процессов переноса в многофазных системах, Мулладжановым Рустамом Илхамовичем, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником лаборатории моделирования, Макаровым Максимом Сергеевичем, кандидатом физико-математических наук, ученым секретарем института, указала, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой по актуальной тематике, в которой в полной мере решены поставленные задачи разработки технологии выращивания

биоматериала в новом реакторе. Диссертационная полностью удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискатель имеет 22 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 18 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Цибульская Е. О., Маслов Н. А., Ларионов П. М., Ганимедов В. Л. Технология регенерации костной ткани в ротационном биореакторе: моделирование течения жидкости и лазерная флюоресцентная диагностика // Прикладная механика и техническая физика. – 2020. Т. 61. № 5. С. 109–121.

Работа посвящена определению оптимальных параметров выращивания костной ткани в ротационном биореакторе и оптической диагностике выращенных образцов.

2. Ларионов П. М., Ганимедов В. Л., Маслов Н. А., Цибульская Е. О. Течение жидкости в замкнутой полости ротационного биологического реактора для регенерации костной ткани // Теплофизика и аэромеханика. – 2019. Т. 26. № 6. С. 953–962.

Работа посвящена численному моделированию течения жидкости в моделях на основе конструкции ротационного биореактора.

3. Ганимедов В. Л., Цибульская Е. О., Маслов Н. А., Ларионов П. М. Моделирование течения жидкости в биологическом реакторе ротационного типа // Теплофизика и аэромеханика. – 2018. Т. 25. № 2. С. 219–226.

Работа посвящена численному и экспериментальному исследованию течения жидкости в ротационном биореакторе.

4. Маслов Н. А., Папаева Е. О. Статистический анализ матриц возбуждения-эмиссии для метода лазерно-индуцированной флуоресценции // Письма в Журнал технической физики. – 2016. Т. 42. № 14. С. 7–13.

Работа посвящена тестированию алгоритма статистического анализа матриц возбуждения-эмиссии.

Представленные результаты получены соискателем лично, либо при его непосредственном участии. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

**На диссертацию поступили отзывы:**

**Ведущей организации ИТ СО РАН.** Указывается, что диссертационная работа написана четким и ясным языком, результаты хорошо проиллюстрированы и подробно обсуждены. Автореферат корректно отражает основное содержание работы. В диссертации в полной мере решены поставленные задачи разработки технологии выращивания биоматериала в новом реакторе. Полученные результаты носят прикладной характер и могут быть применимы в биотехнологических процессах. Замечания: 1) Отсутствует информация о пространственном распределении клеток по поверхности полимерной пленки после культивирования и объяснение того, как неравномерность распределения касательного напряжения может повлиять на рост клеток кости. 2) В разделе 3.3 приведено исследование модели асимметричного реактора, но нет четко сформулированной цели данного исследования. В обзоре литературы данному вопросу также не уделено достаточно внимания. 3) Не было проведено тестирование нового алгоритма анализа спектров флуоресценции на четырехкомпонентных смесях красителей.

**Официального оппонента д.ф.-м.н. Якимова М.Ю.** Отмечается, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную исследовательскую работу на актуальную тему, в которой автор продемонстрировала владение численными и экспериментальными методами гидродинамики и успешно решила важную задачу оптимизации сложных биохимических процессов, управляемых потоками жидкости, в ротационном биореакторе. Указывается, что диссертация отвечает критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата

физико-математических наук по специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы. Замечания: 1) В системах с малым удлинением, к которым относятся рассматриваемые автором биореакторы, становится существенным влияние течений на торцевых поверхностях, и главную роль в образовании вихрей начинает играть не неустойчивость Тейлора, а течение во вращающихся пограничных слоях (слоях Экмана). Поэтому многие из наблюдаемых в диссертации вихревых течений, строго говоря, нельзя называть вихрями Тейлора. 2) В диссертации мало внимания уделено обсуждению связи наблюдаемых течений с классическими случаями гидродинамики.

**Официального оппонента д.ф.-м.н., профессора Захарова Ю.Н.**

Указывается, что диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу по актуальной тематике, выполненную на высоком современном методическом уровне. Полученные в работе результаты соответствуют поставленным целям и задачам. Тема и содержание диссертации соответствует научной специальности 1.1.9. Механика жидкости, газа и плазмы. В публикациях в полной мере отражены основные результаты работы. Замечания: 1) На рис. 2г обозначены верхняя и нижняя крышки у внутреннего цилиндра, но их нет в реальности. 2) На стр. 47 приведена таблица 1, в которой приведены числа Рейнольдса, но нигде не сказано, как они вычисляются, если в сосуде образуются вихри Тейлора. 3) Нигде не говорится о времени счёта одного варианта и не определён критерий установления. 4) Некорректная формулировка об определении начальных условий для давления на стр. 45.

**Отзывы на автореферат:**

Д.б.н., заместителя директора по научной работе, заведующей лабораторией трансляционной биопсихиатрии НИИ нейронаук и медицины **Амстиславской Тамары Геннадьевны**. Отзыв положительный. Замечания связаны с некорректной формулировкой об опубликованных печатных работах и отсутствием в автореферате ссылок на литературные источники.

Д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории технологий анализа и обработки биомедицинских данных ФИЦ ИВТ **Воропаевой Ольги Фалалеевны**. Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

Д.ф.-м.н., заведующего лабораторией дифференциальных уравнений ИГиЛ СО РАН **Чупахина Александра Павловича**. Отзыв положительный, замечания отсутствуют.

Д.т.н., профессора, заведующего кафедрой инженерных проблем экологии НГТУ **Ларичкина Владимира Викторовича**. Отзыв положительный, замечание касается недостаточного описания экспериментальных исследований характеристик качества выращиваемой костной ткани.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются признанными высокопрофессиональными специалистами в области гидродинамики и оптики, а ведущая организация занимается численными и экспериментальными методами исследования течений.

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

в рамках численного моделирования исследовано течение жидкости в полости биореактора новой конструкции и **определены** режимы его работы, обеспечивающие необходимую для стимуляции преобразования стволовых клеток механическую нагрузку. **Установлено**, что наличие вихрей вблизи рабочей поверхности приводит к неравномерному распределению механической нагрузки на поверхности с биоматериалом;

**предложены** пути развития технологии выращивания костной ткани на тонких пленках и перспективные изменения, которые следует внести в конструкцию ротационного реактора для оптимизации технологии;

**разработан** алгоритм анализа спектров флуоресценции оптически тонких образцов, который эффективен для диагностики нарастания костной ткани на тонкой полимерной пленке в ротационном биореакторе.

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

обосновано применение ротационного биореактора для стимуляции стволовых клеток к преобразованию в костную ткань;

уточнена величина оптимальной механической нагрузки на стволовые клетки для выращивания костной ткани в ротационном биореакторе;

проведена модернизация алгоритма метода главных компонент для восстановления чистых спектров, который можно применять для анализа образцов с неизвестным составом.

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

информация о величине касательного напряжения на рабочей поверхности была успешно применена на практике для выращивания костного материала;

предложенные модифицированные конструкции ротационного реактора могут быть использованы на практике для развития технологии;

новый алгоритм анализа можно применить для анализа образцов с неизвестным составом, поскольку в алгоритме не используется априорная информация о форме чистых спектров;

информация о числе спектров чистых флуоресцирующих компонент в костных тканях позволяет проводить оптическую диагностику выращиваемого костного материала и оценивать динамику роста костной ткани.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

использование сертифицированного оборудования, апробированных методик и подходов механики и оптики;

согласование результатов численного и экспериментального исследования течения жидкости в полости реактора;

согласование результатов исследования костной ткани методами флуоресцентной спектроскопии и гистологии.

**Личный вклад соискателя состоит в:**

непосредственном участии на всех этапах работы, а именно в проведении численного и экспериментального исследования течения в полости

ротационного биореактора, получении исходных данных для спектрального анализа, разработке алгоритма спектрального анализа, интерпретации результатов, подготовке основных публикаций.

Критических замечаний в ходе защиты диссертации высказано не было.

На заседании 24 декабря 2021 г. диссертационный совет принял решение за исследование течения в ротационном биореакторе с целью прогнозирования и контроля влияния потока жидкости на рост костной ткани для трансплантационных материалов присудить Цибульской Е. О. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 12 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель  
диссертационного совета

айлович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

сандрович

27 декабря 2021 г.