

ОТЗЫВ

научного руководителя д.ф.-м.н., доцента Сапожникова Олега Анатольевича на диссертационную работу Крохмаль Алисы Александровны «Позиционирование объектов с помощью акустической радиационной силы в задачах биофабрикации», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.7 — «Акустика»

Диссертационная работа А.А. Крохмаль посвящена развитию направления трёхмерной биофабрикации с помощью акустической радиационной силы. Биофабрикация – это новая технология, находящаяся на стыке физики и биологии, направленная на использование клеток и других биологических материалов в качестве строительных блоков для производства биологических систем и терапевтических продуктов. То, что исследования в этом направлении очень активны и перспективны, говорит хотя бы тот факт, что несколько лет назад было создано международное общество по биофабрикации – International Society for Biofabrication, которое издаёт свой журнал Biofabrication (импакт-фактор 11, т.е. довольно высокий). Новым шагом в биофабрикации стала сборка и сращивание тканевых сфероидов посредством физических полей.

В настоящее время активно разрабатываются акустические методы манипулирования объектами, которые находят применение в различных областях науки и техники, в том числе в биофабрикации. Привлекательными в контексте данной тематики являются акустические технологии для перемещения клеток и конгломератов клеток. С помощью акустических полей удается структурировать клетки и собирать из них органоиды, такие как тканевые сфероиды, для дальнейших биологических исследований. В диссертационной работе А.А. Крохмаль проведены пионерские исследования в этом направлении, а именно разработаны методы трехмерной биофабрикации с помощью акустической радиационной силы. Предложены новые методы по удержанию и сборке тканевых сфероидов и керамических гранул в акустическом поле.

Работа выполнена на кафедре акустики физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. Основные результаты диссертации были получены в период с 2018 г. по настоящее время. Однако научную работу А.А. Крохмаль начала гораздо раньше, в 2014 г., ещё младшекурсницей. Она выполнила сначала бакалаврскую ВКР на тему «Экспериментальное исследование распространения акустических сигналов в мелком природном водоеме», а затем магистерскую ВКР на тему «Устройство для создания эталонных ультразвуковых полей на основе плоского пьезоэлектрического преобразователя». После успешного окончания магистратуры Алиса продолжила исследования в аспирантуре.

Диссертация содержит много интересных результатов. Одним из наиболее важных достижений является разработка метода биофабрикации тканевых конгломератов в виде кольца и трубки с помощью комбинации акустического и магнитного полей. В работе было показано, что если в магнитное поле поместить вертикально ориентированный полый пьезоэлектрический преобразователь, то внутри него образуется область, в которой возможна и левитация частиц за счет магнитофоретической силы, и формирование из них цилиндрической структуры за счет акустической радиационной силы, перемещающей сфероиды в узлы стоячего ультразвукового поля. Комбинация сильного магнитного поля от электромагнита Биттера и стоячего цилиндрического акустического поля от пьезоэлектрического преобразователя позволило со-

брать тубулярный конгломерат из гладкомышечных клеток человека, анализ которого показал жизнеспособность тканей, а также сохранение их функциональности – сжатия в ответ на раздражитель. Таким образом, показано, что разработанная методика сборки позволяет собирать крупные и функциональные органоиды, которые могут имитировать искусственные сосуды для дальнейших биомедицинских приложений и исследований.

Основные результаты диссертации изложены в 20 печатных работах, в том числе в 6 статьях в рецензируемых научных журналах, удовлетворяющих Положению о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова, 2 публикациях в других рецензируемых научных изданиях и 12 публикациях в сборниках трудов и тезисов конференций.

Я очень доволен работой А.А. Крохмаль и с полной уверенностью могу констатировать, что её исследования выполнены на высоком уровне, полученные результаты будут востребованы при проведении научных исследований в различных научных организациях, а также при разработке технологии биофабрикации в нашей стране и за рубежом. Считаю, что диссертационная работа «Позиционирование объектов с помощью акустической радиационной силы в задачах биофабрикации» полностью соответствует специальности 1.3.7 — «Акустика» и удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении учёных степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова», предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую диссертационную работу «Позиционирование объектов с помощью акустической радиационной силы в задачах биофабрикации» Крохмаль Алисы Александровны к защите на соискание учёной степени кандидата наук по специальности 1.3.7 — «Акустика», научное направление — физико-математические науки.

Научный руководитель:

профессор кафедры акустики
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
доктор физико-математических наук, доцент

О.А. Сапожников

Дата составления отзыва: 30 мая 2022 года.

119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
Телефон: +7 (495) 939-29-52
E-mail: oleg@acs366.phys.msu.ru

Подпись Сапожникова Олега Анатольевича УДОСТОВЕРЯЮ:

Учёный секретарь учёного совета
физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова,
доктор физико-математических наук, профессор

В.А. Караваяев

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1, стр. 2
Телефон: +7 (495) 939-16-82; Факс: +7 (495) 932-88-20; E-mail: dean@phys.msu.ru