

## ОТЗЫВ

**научного консультанта на Плеханова Антона Андреевича,  
автора диссертационной работы на тему «Определение упругих свойств ткани методом  
оптической когерентной эластографии для оценки ответа опухоли на терапию  
(экспериментальное исследование)», представленной на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук  
по специальности 1.5.2. – биофизика**

Плеханов Антон Андреевич после окончания в 2017 году медико-профилактического факультета Нижегородской государственной медицинской академии (НижГМА) и поступления в очную аспирантуру при НИИ экспериментальной онкологии и биомедицинских технологий Приволжского исследовательского медицинского университета (ПИМУ) (бывший НижГМА) с 2018 г. был привлечен к работам, связанным с созданием нового расширения Оптической Когерентной Томографии (ОКТ), а именно, метода компрессионной оптической когерентной эластографии (К-ОКЭ), физические основы которой непосредственно в это время активно развивались в ИПФ РАН и сразу же передавались для тестирования в рамках биомедицинских исследований, проводимых в лаборатории оптической когерентной томографии НИИ ЭО и БМТ ПИМУ.

Следует специально подчеркнуть, что, несмотря на почти два десятилетия обсуждения в литературе возможностей переноса принципов эластографического картирования из ультразвука в ОКТ, эта задача оказалась далеко не простой, так что получение первых практически полезных результатов фактически совпало с подключением А. Плеханова к работам с использованием К-ОКЭ. В этой ситуации более правильно говорить не просто, про освоение хотя и нового, но уже готового метода эластографической визуализации на основе ОКТ, а об активном участии Антона в самом создании этого метода. Конечно, сами физические принципы анализа серий ОКТ сканов для визуализации деформаций в подвергасмых компрессии биотканях и последующей визуализации распределения модуля Юнга ткани были предложены соавторами из ИПФ РАН. Однако сразу же возникла группа задач, пограничных между физикой и биологие/медициной, связанных с выяснением, как именно можно использовать возможности высокоразрешающего картирования упругих свойств на основе К-ОКЭ для биомедицинской диагностики. В литературе на тот момент еще практически не было подобной информации, в основном, сводящейся к качественному утверждению, что опухолевая ткань является «более жесткой». Количественная информация, известная из работ по ультразвуковой эластографии, также была совершенно неприменима ввиду существенно более низкого разрешения этого метода.

В этом отношении при самом активном и во многом определяющем вкладе Плеханова А.А. были выполнен цикл исследований по прицельному сопоставлению эластографических изображений и полученных для той же области гистологических изображений. В результате этой работы было выяснено, что различные морфологические компоненты биотканей (в том числе опухолевых) демонстрируют ярко выраженные и хорошо воспроизводимые в различных измерениях различия по величине упругого модуля. Выявление этого факта позволило сформулировать количественные критерии, позволяющие по характерным диапазонам модуля упругости дифференцировать морфологические компоненты биоткани. В свою очередь, выявление таких характерных диапазонов модуля упругости открыло возможность автоматизировано выполнять морфологическое сегментирование эластографических изображений со степенью детализации подобной результатам стандартного сегментирования гистологических изображений. При этом коэффициентом корреляции между площадями морфологических компонент, выделяемых двумя методами, оказывается выше 0.95.

Эти результаты открыли недоступные ранее возможности выполнять на основе К-ОКЭ

морфологическую (сравнимую по точности и информативности с гистологической) сегментацию ткани даже *in vivo* и исследовать эволюцию опухоли как при естественном развитии, так и ответе на терапию по изменению её упругих свойств. В диссертации А.А. Плеханова такие возможности К-ОКЭ были, в частности, впервые продемонстрированы на модельных опухолях при их ответе на химиотерапию препаратами с разными типами действия. При этом А.А. Плехановым было выполнено тщательное сопоставление с результатами традиционных гистологических исследований, подтвердивших высокую эффективность найденных эластографических критериев и точность метода К-ОКЭ.

В ходе этих работ А.А. Плеханов проявлял инициативу и самостоятельность и не просто «оснаивал» готовые эластографические технологии в качестве пользователя, но и активно участвовал в совершенствовании этого нового эластографического метода и раскрытии его богатых ранее недоступных возможностей. Практически все представленные в диссертации экспериментальные исследования можно характеризовать словами «впервые продемонстрировано».

Характеризуя самого диссертанта, можно также отметить, что Антон Андреевич Плеханов за время работы над диссертацией освоил большой объем отечественной и зарубежной литературы, включая самые последние работы различных зарубежных групп, работающих в области ОКТ-эластографии. Результаты диссертанта в полной мере опубликованы в изданиях, индексируемых в системах цитирования WOS и Scopus, включенных в перечень ВАК, а также многократно представлялись на ведущих профильных конференциях, в том числе А.А. Плеханов был соавтором ряда приглашенных докладов на международных конференциях.

Можно специально отметить, что при подготовке публикаций и докладов важную роль играли и неплохое знание диссертантом английского языка, и его способности очень структурировано, емко и наглядно графически представлять схемы проводимых исследований и полученные результаты.

Представляемая диссертационная работа является законченным научным исследованием, которое соответствует требованиям ВАК. Высокий уровень представленных в диссертации исследований позволяет констатировать, что Плеханов А.А. достоин присуждения ему ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 1.5.2. – биофизика.

Научный консультант:  
доктор физико-математических наук,  
лауреат премии РАН им. Л.И. Мандельштама по  
физике,  
заведующий лабораторией волновых методов  
исследования структурно-неоднородных сред  
Института прикладной физики РАН  
603950, г. Нижний Новгород,  
ул. Ульянова 46  
+7 (903) 600-45-73 vyuzai@ipfran.ru

26.10.2021г.

Зайцев Владимир Юрьевич

Подпись Зайцева Владимира Юрьевича заверяю:

Ученый секретарь ИПФ РАН

к.ф.-м.н.



Корюкин Игорь Валентинович