

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук, доцента Приезжева Александра Васильевича на диссертацию Маркова Сергея Валерьевича на тему «Исследование физических принципов акустооптического метода определения группы крови человека по системе АВ0», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика

Диссертационная работа Маркова Сергея Валерьевича посвящена исследованию биофизических принципов, лежащих в основе седиментационного акустооптического метода типирования крови человека.

Актуальность темы диссертации продиктована необходимостью создания в современной клинической практике максимально точного метода типирования крови человека. Об этом говорят статистические данные всемирной организации здравоохранения о частотности и количестве проводимых исследований образцов крови. Акустооптический метод, исследуемый в диссертации Маркова С.В., является одним из множества методов типирования крови, разрабатываемых в настоящее время. Этот факт говорит о востребованности подобных средств анализа крови и других биологических объектов. Стоит отметить, что важнейшей характеристикой в таких методах является разрешение – от его значения зависит степень достоверности результата работы метода, то есть типирования пробы крови. Актуальность в повышении этого значения очевидна, но особенно важным этот аспект выступает в трансфузионной клинической практике, где определение групп крови донора и реципиента должно быть проведено с максимально возможной точностью, то есть ошибки являются недопустимыми. Таким образом, диссертация Маркова С.В. является актуальным научным исследованием.

Теоретическая и практическая значимость работы заключена в главных результатах диссертации и состоит в следующем. В рамках выполненной работы были исследованы процессы, происходящие в образцах крови при их анализе с использованием акустооптического метода определения группы крови человека. Разработаны и экспериментально проверены механическая и математические модели, описывающие процессы седиментации и группировки эритроцитов и их агрегатов под действием ультразвуковых волн как коллективные явления. Кроме того, созданы и протестированы программные методы обработки экспериментальных данных, которые существенно повысили разрешающую способность акустооптического метода, что позволило значительно улучшить точность определения группы крови в условиях сложной диагностики. Максимальное значение достигнутой в данной работе разрешающей способности составило $2,5 \times 10^6$.

Достоверность полученных результатов подтверждается их воспроизводимостью, а также соответствием данным, представленным в трудах других исследователей, занимающихся аналогичной тематикой. Дополнительным подтверждением служит успешное прохождение результатов процедуры рецензирования, включающей всестороннюю экспертную оценку. Надёжность экспериментальных данных обеспечена использованием современной цифровой аппаратуры. Все выявленные закономерности, математические выражения и описательные модели были получены на основе тщательного

анализа экспериментальных данных с применением общепринятых современных методов обработки информации. Судя по тексту диссертации **личный вклад автора** в получении результатов на всех этапах выполнения работы является определяющим.

Структурно диссертация включает введение, пять глав, заключение, список использованных источников и приложение. Основное содержание изложено на 148 страницах и иллюстрировано 46 рисунками и 7 таблицами. Библиографический список насчитывает 95 наименований.

В главе 1 представлен обзор ключевых гематологических понятий, касающихся эритроцитов человека, а также рассмотрены современные методы и технические средства, применяемые для типирования группы крови и определения скорости оседания эритроцитов (СОЭ). В главе 2 изложены основные характеристики, принципы функционирования и преимущества акустооптического метода (АОМ) типирования крови. Также приведены экспериментальные результаты, полученные с использованием данного подхода. Глава 3 посвящена описанию коллективного подхода, положенного в основу моделирования процессов, исследуемых в рамках настоящей работы. Подробно рассмотрены процессы седиментации: эритроцитов, их агрегатов и агглютинатов. Представлены соответствующие механические и математические модели, а также проведено сопоставление полученных экспериментальных данных с результатами численного моделирования. В главе 4 рассматривается воздействие ультразвуковых волн на образцы крови. Исследуется процесс группировки эритроцитов в поле стоячей ультразвуковой волны как в присутствии, так и в отсутствии гемагглютинирующих агентов (цоликлонов). Описана математическая модель группировки и приведено сравнение теоретических расчетов с результатами экспериментов. Глава 5 содержит описание разработанных цифровых и статистических методов обработки данных, полученных в ходе экспериментов с использованием АОМ. Проанализировано влияние различных подходов к обработке на разрешающую способность метода в целом. В заключении обобщены основные результаты, сформулированы выводы по проведённой работе, а также обозначены перспективные направления дальнейших исследований в рамках рассматриваемой научной тематики.

В ходе ознакомления с диссертационной работой возникли следующие **замечания и вопросы**. 1) В работе не обсуждаются возможные температурные эффекты. Общеизвестным является факт зависимости параметров агрегации эритроцитов и скорости их седиментации от температуры. Поэтому возникают вопросы о том, сколько времени и при какой температуре хранились пробы крови после забора их у доноров. Далее, в эксперименте кювета с образцом суспензии эритроцитов или цельной крови освещалась пучком зелёного света (540 нм), который хорошо поглощается гемоглобином (излучение на этой длине волны соответствует максимуму спектра поглощения, который приводится в диссертации). В связи с тем, что в работе не приводится ни мощность пучка, ни интенсивность света в пучке, нельзя оценить возможный нагрев образца за время измерения, которое в разных экспериментах составляло от единиц до 120 минут. 2) В работе не указано, какой физраствор использовался для разбавления цельной крови. Этот вопрос встаёт потому, что разные физрастворы по-разному влияют на кальциевый обмен между клетками и окружающей средой, что также влияет на процессы их агрегации и агглютинации. 3) В работе не обсуждается, приводят ли противотоки раствора плазмы через

поры, рассматриваемые в моделях, к дезагрегации эритроцитов под действием создаваемых ими сдвиговых напряжений. 4) В списке литературы формат многих ссылок отличается от общепринятого, а именно, указан только год издания или только год и том, но без страниц. Название статьи [59] написано большими буквами. Статья [68] опубликована в российском журнале, однако цитируется на английском языке. При ссылках на статьи [15] и [16] ошибочно говорится о том, что результаты получены с использованием акустооптического пинцета. В действительности в этих работах использовался оптический (лазерный) пинцет.

Следует подчеркнуть, что высказанные замечания не умаляют общей положительной оценки диссертационной работы Маркова Сергея Валерьевича, которая представляет собой завершённое научное исследование, направленное на решение актуальной задачи современной биофизики, и полностью соответствует паспорту специальности 1.5.2. – Биофизика. Работа написана профессиональным научным языком, в списке источников отражены главные публикации по направлению исследования. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

На этом основании считаю, что диссертация Маркова Сергея Валерьевича «Исследование физических принципов акустооптического метода определения группы крови человека по системе АВ0» выполнена на высоком научном уровне и в полной мере соответствует требованиям пунктов 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2. – Биофизика.

Официальный оппонент

доцент физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, доцент, кандидат физико-математических наук

Приезжев Александр Васильевич

«2» июня 2025 г.



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (МГУ имени М.В. Ломоносова)

Почтовый адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д. 1, строение 2

Электронная почта: avp2@mail.ru. Телефон: +7(916)-755-4112

Даю своё согласие на обработку персональных данных.



Подпись доцента Приезжева Александра Васильевича удостоверяю.

И.о. декана физического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
профессор В.В. Белокуров

Дата «2» июня 2025 г.

