

## Заключение

комиссии диссертационного совета 24.2.392.06 на базе ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по диссертации Макаркина Михаила Андреевича «Системы проточной цитометрии для поиска и выделения редких объектов: моделирование и анализ изображений и сигналов», представляемой на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 1.5.2. - Биофизика.

Диссертационная работа Макаркина М.А. выполнена на кафедре инноватики Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского». Научный руководитель – Браташов Даниил Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры инноватики Института физики ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

Диссертационная работа Макаркина Михаила Андреевича посвящена разработке метода обработки изображений проточной *in vivo* цитометрии с визуализацией для обнаружения в потоке цельной крови редких объектов, таких как циркулирующие опухолевые клетки или носители для адресной доставки лекарств и анализ процессов поведения магнитных объектов (нанокompозитных микрокапсул с частицами магнетита) в проточном канале цитометра при воздействии стационарного градиента магнитного поля (магнитной сепарации объектов из потока крови).

В рамках диссертационной работы впервые применяется вычислительный подход для удаления сильных искажений в системе микроскопии светового листа посредством преобразования от-изображения-к-изображению. Обосновывается и проверяется на практике возможность переформулирования задачи в терминах переноса стиля. Определен наиболее универсальный метод, требующий малого количества данных для обучения - метод переноса произвольного стиля с мультиканальной самоадаптацией.

Разработан метод подсчета объектов в потоке цельной крови в проточной ячейке, шунтирующей артерию и вену лабораторного животного, для новой системы *in vivo* цитометрии, основанной на микроскопии светового листа, основанный на детектировании контуров и измерении изменения площади крупных агрегатов частиц по средней площади единичных объектов.

Впервые была практически изучена динамика накопления магнитных микрокапсул на стенки капилляра при магнитной сепарации в зависимости

от скорости потока, размера капсул и количества магнитных наночастиц в капсуле.

Доказано, что задачу реконструкции изображения в системе проточной цитометрии с визуализацией на основе светового листа с неоднородной функцией рассеяния точки и возникающем из-за ограничения численной апертуры светового пучка искажении (абберации кома) можно переформулировать как задачу преобразования от-изображения-к-изображению с передачей высокоуровневых параметров изображения (так называемый “перенос стиля”).

Для анализа динамики накопления объектов на стенках капилляра в потоке цельной крови в условиях образования их агрегатов и необходимости ведения подсчета объектов в реальном времени и с ошибкой, не более чем в 20 % от общего числа частиц можно использовать сочетание простых алгоритмов компьютерного зрения: оператор Собеля, алгоритм Сузуки и подсчет количества частиц по средней площади единичной частицы.

Наилучшая динамика магнитного удержания объектов в потоке цельной крови наблюдается при определенном сочетании параметров: для двух загрузок магнетита скорость потока от 10 мкм/сек при радиусе микрокапсул 2.7 мкм, скорости потока от 5 до 10 мкм/сек при радиусе микрокапсул 5.5 мкм; для трех загрузок магнетита скорости потока от 5 до 50 мкм/сек при радиусе микрокапсул 2.7 мкм, скорости потока 5 до 25 мкм/сек при радиусе микрокапсул 5.5 мкм.

Комиссия пришла к выводу, что диссертационная работа содержит решение актуальной задачи по наблюдению существующих техник наблюдения за посторонними объектами в кровотоке и анализе поведения магнитных объектов (нанокompозитных микрокапсул с частицами магнетита) в проточном канале цитометра при воздействии стационарного градиента магнитного поля (магнитной сепарации объектов из потока крови), и соответствует специальности 1.5.2.– Биофизика.

Результаты, полученные в диссертационной работе, опубликованы в 7 научных работах, из них 7 статей в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и включенных в международные базы данных «Web of Science», «SCOPUS». Содержание опубликованных работ полностью отражает содержание диссертации.

При использовании чужих материалов и результатов исследований соискатель ссылается на источник заимствований. В диссертации приведен список используемой литературы. В диссертации и автореферате приведен список основных публикаций автора в изданиях, входящих в перечень ВАК

или включенных в базу данных Web of Science, SCOPUS. Недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах в диссертации не обнаружено. Согласно результатам проверки, в системе «РУКОНТЕКСТ» процент оригинальности текста составляет 74.37 %, цитирования 20.12% и заимствования 5.51%.

На основе вышеизложенного комиссия заключает, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям пп. 9-11, 13, 14 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», а количество публикаций в рецензируемых изданиях достаточно для представления диссертации к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук. Текст диссертации, представленной в диссертационный совет, идентичен тексту диссертации, размещенной на сайте организации.

#### **Комиссия рекомендует:**

1. Принять диссертацию Макаркина Михаила Андреевича «Системы проточной цитометрии для поиска и выделения редких объектов: моделирование и анализ изображений и сигналов» к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.5.2 - Биофизика в диссертационном совете 24.2.392.06 на базе ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского».

2. В качестве официальных оппонентов рекомендуются:  
Дунаев Андрей Валерьевич, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник научно-технологического центра биомедицинской фотоники, профессор кафедры приборостроения, метрологии и сертификации Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева»).

Ширшин Евгений Александрович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник физического факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» (ФГБОУ ВО «МГУ им. М.В. Ломоносова»).

3. В качестве ведущей организации рекомендуется:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики  
им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук» (ИПФ РАН)

Состав комиссии:

Председатель комиссии

д.ф.-м.н., доцент

(член диссертационного совета 24.2.392.06

по специальности 1.5.2.-Биофизика)

Караваяев А.С.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.06

по специальности 1.5.2.-Биофизика)

Хлебцов Б.Н.

д.ф.-м.н., профессор

(член диссертационного совета 24.2.392.06

по специальности 1.5.2.-Биофизика)

Павлов А.Н.