

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.012.01 на базе
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 01.12.2016, протокол № 139

О присуждении *Кирий Владимиру Александровичу*, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Электрокинетическая неустойчивость вблизи реальных ионоселективных поверхностей» по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы» принята к защите 29 сентября 2016 г., протокол № 124, диссертационным советом Д 004.012.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева 1, утвержденном приказом Минобрнауки России от 11.04.2012 № 105/нк.

Соискатель Кирий Владимир Александрович 1968 г. рождения, в 1991 г. окончил Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана с присуждением ему квалификации инженер-оптик по специальности «Оптические приборы и системы». С 31.08.2013 г. обучается в заочной аспирантуре кафедры вычислительной математики и информатики факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». В период подготовки диссертации и по настоящее время Кирий В.А. работает в должности преподавателя кафедры математики и информатики ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Краснодарский филиал. Диссертация выполнена на кафедре вычислительной математики и информатики факультета математики и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет».

Научный руководитель – Демёхин Евгений Афанасьевич доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математики и информатики Краснодарского филиала ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации».

Официальные оппоненты:

1) Жуков Михаил Юрьевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону), заведующий кафедрой вычислительной математики и математической физики,

2) Саранин Владимир Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО "Глазовский государственный педагогический институт им. В.Г.Короленко" (г. Глазов), профессор кафедры физики и дидактики физики,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», в своем положительном заключении, подписанном Магомадовым Алексеем Сайпудиновичем, доктором технических наук, профессором кафедры физики, и к.ф.-м.н.,

профессором Шапошниковой Татьяной Леонидовной, заведующей кафедрой физики, и утвержденном на заседании кафедры физики ФГБОУ ВО «КубГТУ», протокол №5 от 26.10.2016г., указала, что диссертация В.А. Кирий представляет собой научно-квалификационную работу, которая посвящена численному исследованию электрогидродинамики и гидродинамической неустойчивости раствора электролита вблизи несовершенных ионоселективных мембранных поверхностей в микронных масштабах. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы.

Соискателем опубликовано 13 научных работ, в том числе из них 6 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки.

В работах доказано влияние селективности реальной мембраны и приложенной разности потенциалов на устойчивость одномерных состояний равновесия и смены токового режима на сверхпределный, введено в рассмотрение взаимодействие механизмов вихреобразования (Духина-Мищук, Рубинштейна-Зальцмана), приводящее к значительной интенсификации электрического тока через реальную ионоселективную поверхность при определённых значениях параметров неоднородности, проведена модернизация существующих математических моделей, обеспечившая получение новых результатов по теме диссертации, раскрыты особенности поведения электролита вблизи неоднородных электроселективных поверхностей, состоящих из чередующихся проводящих и непроводящих элементов при наличии нормального к поверхности электрического поля, создана математическая модель, описывающая течение жидкости, распределения электрических полей и полей концентраций ионов внутри пористой мембраны и в электролите вблизи неоднородной электрической мембраны до и после потери устойчивости, представлены численные данные о распределении плотности заряда и электрического потенциала в различных областях мембранной системы, полученные с помощью специальной схемы решения полной системы Нернста-Планка-Пуассона-Стокса.

Наиболее значительные работы:

1. Никитин Н.В., Хасматулина Н.Ю., Ганченко Г.С., Калайдин Е.Н., Кирий В.А., Демёхин Е.А. Об одном типе гидродинамической неустойчивости при джоулевым нагреве жидкости вблизи ионоселективной поверхности // Доклады РАН. 2016. Т. 468 № 6. С. 635.
2. Кирий В.А., Калайдин Е.Н. Электрокинетические эффекты вблизи пространственно-неоднородных электроселективных поверхностей // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2016. № 3. С. 43-49.
3. Франц Е.А., Кирий В.А., Шелистов В.С., Куцепалов А.С., Демёхин Е.А. Уточнение формулы скорости электроосмотического скольжения Рубинштейна-Зальцмана. // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2015. № 3. С. 79-83.
4. Кирий В.А., Хасматулина Н.Ю., Демёхин Е.А. Численное нахождение границы предельных и сверхпределных токов в полупроводящей электрической мембране. // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2014. № 3. С. 31-37.

5. Горбачева Е.В., Ганченко Г.С., Демехин Е.А., Кирий В.А. Численное решение задачи линейной устойчивости микро-и нанопленки электролита под действием внешнего электрического поля // Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества. 2014. № 4. С. 29-37.
6. Шелистов В.С., Никитин Н.В., Кирий В.А., Демехин Е.А. Последовательность бифуркаций электрокинетической неустойчивости, приводящей к хаотическому режиму течения // Доклады РАН. 2014. Т. 455. № 5. С. 536-539.

На диссертацию поступили отзывы от ведущей организации и оппонентов.

1. Положительный отзыв ведущей организации утвержден проректором ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» д.т.н., профессором С.А. Калманович. В нём отмечается разнообразие методов, применяемых в ходе диссертационного исследования, обеспечение достоверности полученных результатов благодаря применению классических аналитических и численных методов решения поставленных задач, сопоставлением результатов, полученных разными способами. Указывается практическая значимость работы в возможности использования результатов и выводов при проектировании ионообменных мембран. Указывается на желательность оценки размеров пор мембраны для возможного учёта конвективной составляющей. Отмечено, что принятая модель не учитывает эффектов ионной диссоциации, рекомбинации, а также возможных химических реакций, не совсем ясно исходя из каких соображений задавались доли проводящих и непроводящих участков на поверхности электрической мембраны. Высказаны пожелания по уточнению карты режимов и по использованию в ряде случаев не удачным обозначениям.

2. Положительный отзыв официального оппонента М.Ю. Жукова. В нем отмечается, что решение задачи исследования электрокинетической неустойчивости вблизи реальных ионоселективных поверхностей имеет значение для развития отрасли знаний по специальности механика жидкости, газа и плазмы. Исследования, проведённые с использованием численных методов, позволяют сократить затраты на проведение экспериментальных исследований и в ряде случаев заменить их теоретическими предсказаниями. Высказываются пожелания: более подробно остановиться на методах решения исследуемых задач математической физики; уточнить – какая модель была выбрана цитируемыми в работе авторами, и какие упрощения позволили им решить задачу полуаналитически. Задаются вопросы по возможности учёта в используемой модели дополнительных эффектов, которые могут привести к движению жидкости через мембрану. Отмечается необходимость уточнения используемой условной границы сплошности среды.

3. Положительный отзыв официального оппонента В.А. Саранина. Оппонент отмечает, что научная и практическая значимость диссертационного исследования состоит в том, что его результаты могут найти применение в дальнейшем исследовании течений электролита около электроселективных поверхностей во внешнем электрическом поле. Расчёты могут использоваться при проектировании новых мембранных устройств и при создании новых приборов, основанных на электроосмотическом движении, в частности, микронасосов и микросмесителей. Отмеченные замечания касаются уточнений используемой терминологии и рисунков, высказаны предложения по желательности

избегать дублирования формул, обращено внимание на несколько опечаток, высказано пожелание учитывать возможность применимости подобных исследований к области изучения электрогидродинамической неустойчивости при униполярной инжекции.

На автореферат поступило 7 отзывов: 1) Положительный отзыв от к.ф.-м.н. Актершева С.П., с.н.с. лаборатории проблем тепломассопереноса, ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск; 2) Положительный отзыв без замечаний от д.ф.-м.н. Зубарева А. Ю., профессора кафедры математической физики, ФГАОУ ВО Уральский федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург; 3) Положительный отзыв без замечаний от д.ф.-м.н., чл.-корреспондента РАН, профессора Зубарева Н. М., ведущего научного сотрудника, ФГБУН Институт электрофизики УрО РАН, г. Екатеринбург; 4) Положительный отзыв от д.хим.н., профессора Никоненко В. В., профессора кафедры физической химии, руководителя Российско-французской лаборатории "Ионообменные мембраны и процессы" НИИ Мембран, ФГБОУ ВО Кубанский государственный университет, г. Краснодар; 5) Положительный отзыв от д.ф.-м.н., доцента Павловой А. В., профессора кафедры математического моделирования, ФГБОУ ВО Кубанский государственный университет, г. Краснодар; 6) Положительный отзыв от д.ф.-м.н., доцента Перминова А. В., профессора кафедры общей физики, ФГБОУ ВО Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь; 7) Положительный отзыв от Пиманова В. О., научного сотрудника НИИ механики, ФГБОУ ВО Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, г. Москва.

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- На стр. 9 в уравнении (1) не «расшифрованы» величины, обозначенные как j^+ , j^- , c^+ , c^-
- На стр. 14 не "расшифрован" физический смысл коэффициента γ (гамма), который является определяющим параметром.
- В подписи к рис. 2 на стр.10 не указаны значения параметров, которым соответствуют кривые. Аналогичное пожелания касается рис.7 на стр.13.
- Автор предлагает новый термин «электрокинетическая неустойчивость». Такой термин достаточно точно отражает суть явления, однако необходимо более строго сформулировать, в чем заключается отличие нового термина от устоявшегося в литературе термина «электроконвективная неустойчивость».
- Также пожеланием является более широкое применение экспериментальных результатов для валидации теоретических исследований.
- Из содержания автореферата не ясно, существует ли возможность сравнения результатов теоретического исследования с экспериментальными данными.
- В тексте автореферата следовало бы привести общий вид системы Нернста-Планка-Пуассона-Стокса (НППС).
- Какова роль соавторов в публикациях, указанных при описании личного вклада автора?

Вместе с тем, в положительных отзывах отмечено, что диссертация является завершенным научно-квалификационным исследованием, имеющим несомненное фундаментальное значение, диссертант успешно сочетает аналитические и численные методы исследования, а результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах в области механики жидкости.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются известными ведущими специалистами в области электрогидродинамики и гидродинамической неустойчивости, имеют публикации по данному направлению в рецензируемых научных изданиях, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» хорошо известна своими достижениями в области механики жидкости и газа, в университете активно ведутся фундаментальные и прикладные исследования в области гидродинамической устойчивости.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны модель, позволяющая описывать электрокинетические эффекты вблизи неоднородных мембранных поверхностей, содержащих непроводящие пятна;

предложен подход к решению задачи о динамике раствора электролита под действием внешнего электрического поля вблизи ионоселективной поверхности, имеющей геометрические шероховатости микронного размера;

доказано влияние селективности реальной мембраны и приложенной разности потенциалов на устойчивость одномерных состояний равновесия и смены токового режима на сверхпределный;

введено в рассмотрение взаимодействие механизмов вихреобразования (Духина-Мищук, Рубинштейна-Зальцмана), приводящее к значительной интенсификации электрического тока через реальную ионоселективную поверхность при определённых значениях параметров неоднородности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано:

– при относительно малой площади непроводящих участков основной вклад в сопротивление системы вносит электрическое сопротивление электролита;

– возможность интенсификации электрического тока через поверхность реальной мембраны при определенных значениях параметров неоднородности;

– существенная дестабилизация системы, приводящая к интенсификации переноса ионов и уменьшению критического значения разности потенциалов при определенных параметрах микрошероховатости.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)

использованы численные методы исследования, описывающие режимы допределных, предельных и сверхпределных токов для неидеально селективной мембраны;

изложены результаты исследования линейной устойчивости одномерных состояний равновесия электролита в случае неидеально селективной мембраны;

раскрыты особенности поведения электролита вблизи неоднородных электроселективных поверхностей, состоящих из чередующихся проводящих и непроводящих элементов при наличии нормального к поверхности электрического поля;

изучено влияние на систему двух конкурирующих механизмов вихреобразования (Рубинштейна-Зальцмана и Духина-Мищук) и переход к сверхпредельным токовым режимам для неоднородных электроселективных поверхностей с непроводящими пятнами и микрошероховатостью;

проведена модернизация существующих математических моделей, обеспечившая получение новых результатов по теме диссертации.

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

разработана модель, позволяющая определить интенсификацию тока через систему, с помощью пространственной модуляции параметров реальных мембран, имеющих на своей поверхности непроводящие пятна или микрошероховатости;

определены границы устойчивости одномерных состояний равновесия;

создана математическая модель, описывающая течение жидкости, распределения электрических полей и полей концентраций ионов внутри пористой мембраны и в электролите вблизи неоднородной электрической мембраны до и после потери устойчивости;

представлены численные данные о распределении плотности заряда и электрического потенциала в различных областях мембранной системы, полученные с помощью специальной схемы решения полной системы Нернста-Планка-Пуассона-Стокса.

использованы современные апробированные численные методы - при расчете двумерных течений жидкостей применялся метод конечных разностей третьего порядка по времени и второго порядка по пространству; для решения полной системы Нернста-Планка-Пуассона-Стокса адаптирован псевдоспектральный метод: ряды Фурье вдоль мембраны и полиномы Чебышева по нормальной координате;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на проверяемых и известных приближениях сплошной среды; при выводе уравнений для описания состояния системы используются классические уравнения конвекции, диффузии и электромиграции; частные результаты, полученные из общей теории, согласуются с известными результатами исследований по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта решения задач о процессах переноса ионов для систем с ионоселективными поверхностями при наличии нормального к поверхности электрического поля;

подтверждена сходимостью и устойчивостью использованных численных методов;

установлено качественное и количественное соответствие полученных в работе результатов численных и аналитических решений с численными и экспериментальными данными, представленными в литературе.

Личный вклад соискателя состоит в выводе основных соотношений и формул, построении основных алгоритмов решения задачи, составлении комплексов программ, а также получении и анализе результатов расчетов и аналитических выкладок. Постановка

задач, выбор теоретических моделей и методов решения и интерпретация результатов исследования обсуждалась с научным руководителем.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным "Положением о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г.

На заседании 01 декабря 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Кирий Владимиру Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.

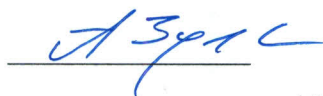
При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 1, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета



/ Матвеенко Валерий Павлович

Ученый секретарь
диссертационного совета



/ Зув Андрей Леонидович

01.12.2016 г.

М.П.

