

ОТЗЫВ

Официального оппонента
на диссертационную работу Шмыровой Анастасии Ивановны
«Взаимодействие конвективных течений
с адсорбированными пленками поверхностно-активных веществ»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика
жидкости, газа и плазмы».

В диссертационной работе Шмыровой А.И. представлены результаты экспериментального исследования концентрационно-капиллярных течений в водных растворах поверхностно-активных веществ (ПАВ). Описаны радиальные и многовихревые режимы течения, а также физический механизм, объясняющий формирование течений разной структуры. На основе экспериментального исследования динамики формирования поверхностной фазы в растворах калиевых солей карбоновых кислот предложена методика определения константы Ленгмюра-Шишковского с использованием барьерной системы Ленгмюра. Разработана методика сбора легочного сурфактанта путем барботирования выдыхаемого человеком воздуха через физиологический раствор.

Актуальность темы определяется тем, что решаемые в диссертационной работе задачи позволяют лучше понять механизмы зарождения, эволюции и устойчивости концентрационно-капиллярных течений в водных растворах ПАВ. Разработанная неинвазивная методика сбора легочного сурфактанта открывает новые возможности для прямых исследований его поверхностно-активных свойств и может применяться для экспресс-диагностики опасных заболеваний легких.

Научная новизна работы.

1. Получен большой объем новых экспериментальных данных о поверхностно-активных свойствах водных растворов калиевых солей карбоновых кислот и предложена методика определения константы Ленгмюра-Шишковского с использованием барьерной системы Ленгмюра.

2. Изучены особенности структуры концентрационно-капиллярного течения в открытом слое воды с адсорбированной пленкой ПАВ и локальным источником поверхностно-активной компоненты. Экспериментально обоснована необходимость применения различных граничных условий для потенциальной и вихревой составляющей скорости конвективного течения на межфазной поверхности, независимо от степени растворимости и типа адсорбционной кинетики ПАВ.

3. Разработана неинвазивная методика, позволяющая собирать аэрозольные частицы легочной жидкости и проводить исследования поверхностно-активных свойств нативного материала, которая представляет интерес для развития и внедрения современных методов экспресс-диагностики заболеваний легких.

Достоверность научных положений и выводов обусловлена применением современного научно-измерительного оборудования, общепризнанных методов измерения и качественным согласием полученных данных с результатами других авторов.

Научная и практическая значимость работы.

Результаты исследования позволяют глубже понять механизмы развития концентрационно-капиллярной конвекции в таких практически важных системах, как водные растворы ПАВ. Накопленные экспериментальные данные могут использоваться для тестирования компьютерных программ, моделирующих течения Марангони. Нарботки по методике измерения комплекса свойств межфазной поверхности с адсорбированными ПАВ представляют интерес для широкого круга задач в области физической химии и медицины.

Апробация работы.

Основные защищаемые положения опубликованы в 40 работах, из них 3 статьи в журналах из списка ВАК и одно запатентованное изобретение. Результаты исследования докладывались на научных конференциях различного уровня и обсуждалась на профильных научных семинарах в ПГНИУ, ИМСС УрО РАН и ИГиЛ СО РАН.

Оценка содержания диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического списка. Во введении обосновывается актуальность исследуемой темы, формулируется цель и задачи работы, кратко излагается содержание глав, приводятся сведения об апробации работы и о публикациях по теме диссертации. Особенностью структуры диссертации является то, что каждая из трех глав начинается со специализированного обзора литературы.

В первой главе описаны свойства используемых ПАВ (калиевых солей карбоновых кислот), оборудование и методы тензиометрии, задействованные в экспериментах по динамике формирования поверхностной фазы. Классифицированы типы адсорбционно-десорбционной кинетики и предложена оригинальная методика определения константы Ленгмюра-Шишковского, которая может применяться в случае систем с большими временами адсорбционно-десорбционных процессов.

Вторая глава посвящена исследованию структуры и устойчивости концентрационно-капиллярного течения, которое индуцируется в слое воды с ПАВ за счет инъекции поверхностно-активной компоненты (этилового спирта). Для обобщения экспериментальных данных предложен модифицированный вариант параметра упругости. Показано, что в случае растворимых ПАВ на скорость адсорбции ПАВ на межфазной поверхности большое влияние оказывает конвективное перемешивание жидкости. Предложена феноменологическая интерпретация механизма формирования течений различной структуры: радиального в центре кюветы (в области свободной от молекул ПАВ) и многовихревого на периферии кюветы (в зоне под пленкой ПАВ).

В третьей главе предложена методика неинвазивного сбора аэрозольных частиц легочной жидкости, содержащей компоненты сурфактанта путем барботирования выдыхаемого воздуха через физиологический раствор. Такой подход позволил интенсифицировать процесс аккумуляции компонент сурфактанта по сравнению с традиционным способом, основанном на конденсации выдыхаемых паров с частицами аэрозоля на охлаждаемой металлической поверхности. Свойства водного раствора легочного сурфактанта здоровых людей и больных туберкулезом изучены с применением барьерной системы Ленгмюра. Проведено сравнение

полученных изотерм сжатия с изотермами искусственного легочного сурфактанта "Surfactant BL". Показаны существенные отличия поверхностно-активных свойств материала, собранного в группах сравнения. Разработанная методика сбора легочного сурфактанта может найти применение в диагностических скрининг-тестах в пульмонологии.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты исследований и определены перспективы дальнейшей работы.

По содержанию диссертационной работы имеется ряд замечаний и вопросов.

1. Отсутствует раздел «Список сокращений и обозначений», что осложняет работу с текстом диссертации, объем которого превышает 200 страниц.

2. Не вполне оправдано столь широкое использование термина «сурфактант» в качестве синонима «ПАВ».

3. Имеются неточности. Например, на стр. 75 утверждается: «...образование «винных слез» на стенках бокала, которые впервые были обнаружены в 1855 году Дж. Томсоном...». Известный факт, что описание «слез крепкого вина» встречается еще в библейских текстах.

4. В исследованиях с барьерной системой Ленгмюра не рассматривается механизм неконтролируемого загрязнения жидкости попадающими в нее из окружающего воздуха аэрозольными микрочастицами. В экспериментах, относящихся к третьей главе, проблема несколько сглаживается, поскольку используется покровное стекло. Во второй же главе, где слой полностью открыт, а длительность эксперимента может измеряться часами (см. рис. 1.16а), именно с этим неконтролируемым механизмом накопления ПАВ в жидкости могут быть связаны проблемы с воспроизводимостью измерений поверхностного натяжения (рис. 1.13в,г).

5. При массовом расходе закачиваемого в кювету спиртового раствора на уровне $3.6 \cdot 10^{-2}$ г/с (стр. 118) по диаметру кюветы несложно оценить, что за 100 с толщина слоя должна увеличиться примерно на 1 мм. Это существенная величина, поскольку начальное заглубление острия иглы, из которой вытекает раствор ≈ 60 мкм. В работе нет данных о длительности закачки раствора. Если время исчислялось десятками секунд, то как учитывалось влияние изменения толщины слоя на исследуемые конвективные течения?

6. Из работы не ясно, чем оправдано введение термина «азимутальное волновое число k_ϕ ». За таким замысловатым названием фактически скрывается очень простая характеристика картины течения – количество одновременно наблюдаемых вихрей. Почему «... k_ϕ , равного половине числа вихрей...» (стр. 126), а не четверти, например?

7. Если судить по представленным в работе трековым снимкам, метод PIV мог дать очень ценные количественные данные о скорости течений. Рассматривалась ли возможность применения этой современной технологии и по каким причинам ее не использовали в диссертационном исследовании?

Заключение

Указанные замечания не влияют на общее положительное впечатление от научного исследования Шмыровой А.И. Диссертационная работа «Взаимодействие конвективных течений с адсорбированными пленками поверхностно-активных веществ» удовлетворяет критериям Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Шмырова Анастасия

Ивановна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 «Механика жидкости, газа и плазмы».

Заведующий лабораторией
микрогидродинамических технологий
ФГАОУ ВО «Тюменского государственного
университета», доктор технических наук



Федорец Александр Анатольевич

28 ноября 2016 г.

625003 г. Тюмень,
ул. Володарского, 6
тел.: 8 905 8200028
e-mail: fedorets_alex@mail.ru

Я, Федорец Александр Анатольевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

