



«Утверждаю»

Врио. Председателя Дагестанского
Федерального исследовательского центра
Российской академии наук,
д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН
Муртазаев А.К.

«*А.К.*» *октябрь* 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – Дагестанского федерального исследовательского центра Российской академии наук о диссертационной работе Дышековой Аминат Хусеновны «Межфазные характеристики жидкого свинца с щелочно-галоидными кристаллами различной ориентации и при фазовом переходе кварца и оксидов железа», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Диссертационная работа А.Х. Дышековой посвящена изучению температурной зависимости процессов межфазного взаимодействия на границах раздела твердых и жидких фаз. В частности, жидкого свинца с твердыми диэлектрическими подложками щелочно-галоидных монокристаллов различной кристаллографических ориентаций, кварца, а также оксидов железа. В работе особое внимание уделено исследованию смачивания жидким свинцом оксидных материалов и влиянию фазовых переходов в этих подложках на краевой угол смачивания, межфазное натяжение и работу адгезии.

Актуальность темы диссертации обуславливается необходимостью прогнозирования влияния микроскопических (атомарных) структурных изменений одной из контактируемых фаз на макроскопические энергетические состояния границ раздела конденсированных сред, с целью использования этих эффектов в технологических процессах.

Межфазное взаимодействие на границе раздела двух разнородных веществ, зависит от характеристик контактируемых фаз и может изменяться при изменении свойств одной из них. Эффекты на границе раздела двух фаз также чувствительны к структурным изменениям поверхности, примесям, шероховатости, дислокациям, и др.

В связи с этим изучение закономерностей температурной зависимости взаимодействия жидкого свинца с твердыми диэлектрическими подложками щелочно-галоидных монокристаллов различной кристаллографических ориентаций, кварца, а также оксидов железа является актуальной задачей.

Научная и практическая значимость работы. Соискателем впервые получены данные по температурной зависимости межфазных характеристик

на границе жидкого свинца с щелочно-галогидными монокристаллами различных ориентаций, с кварцем, а также с оксидами железа на армо-железе и на конструкционной стали ЭИ852, которая применяется в циркуляционном контуре ядерных реакторов. Полученные результаты расширяют представление о физико-химических процессах, протекающих на границе раздела разнородных материалов.

Полученные А.Х. Дышековой результаты по измерению краевого угла смачивания, межфазного натяжения и работы адгезии на границе раздела жидкого свинца с щелочно-галогидными монокристаллами различных ориентаций, с кварцем, а также с оксидами железа представляют интерес для атомной энергетики, для технологии очистки свинца и для разработки новых припоев. Результаты по влиянию фазового перехода в кварце на работу адгезии можно использовать для металлизации кварца.

Достоверность и обоснованность выводов диссертационной работы подтверждается использованием общепризнанных экспериментальных методов исследования краевого угла смачивания, воспроизведением результатов при повторении экспериментов в одних и тех же условиях, применением теоретически обоснованных методов расчета межфазных характеристик границы раздела твердое тело – жидкость, а также согласием экспериментальных данных с расчетами других авторов. Интерпретация полученных результатов базируется на современных представлениях о структуре и физико-химических свойствах исследованных материалов.

Краткий анализ содержания диссертации

Во введении диссертационной работы обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования, перечислены полученные результаты, продемонстрирована их научная и практическая ценность, а также показана обоснованность и достоверность результатов. Приведены положения, выносимые на защиту. Кратко описана структура и объем диссертации.

В первой главе представлен в наиболее общем плане обзор статей, описывающих современные состояния изучения межфазных характеристик на границе раздела двух сред при фазовом переходе в одной из них, а также ориентационная зависимость поверхностного натяжения металлических и солевых систем на границе с собственным расплавом. Из обзора вытекает, что для указанных систем хорошо разработаны теоретические модели по определению межфазных характеристик границы раздела. Однако, экспериментальные исследования ориентационной зависимости краевого угла смачивания и энергетических характеристик межфазного слоя на границе разнородных конденсированных фаз изучены недостаточно. В результате аналитического обзора литературных источников диссертант аргументированно выбрал цели и задачи исследования.

Во второй главе описана экспериментальная установка для измерения температурной зависимости краевого угла смачивания и методика расчета межфазных характеристик с использованием полученных экспериментальных результатов. Также разработаны методики подготовки и

контроля ориентированных поверхностей монокристаллических образцов солей и кварца для исследования и поверхностей с окисленной структурой железа и специальных сталей. Состав, структура и морфология исследованных поверхностей контролировался методами рентгеноструктурного, рентгенофазового и атомно-абсорбционного анализа, атомно-силовой спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии, каждый из которых кратко описан в этой главе.

Третья глава посвящена непосредственному описанию результатов исследования межфазного взаимодействия жидкого свинца с щелочно-галоидными кристаллами и изучению их ориентационной зависимости. Автором измерены температурные зависимости краевого угла смачивания жидким свинцом щелочно-галоидных кристаллов NaCl, KCl, KBr и рассчитаны межфазное натяжения и работа адгезии указанных систем. Межфазное натяжение на границе монокристаллов NaCl, KCl и KBr с расплавом свинца уменьшается линейно. Впервые экспериментально установлено, что содержание примесей в свинце влияет на значение краевого угла смачивания щелочно-галоидных кристаллов и уменьшается с увеличением концентрации примесей. Сегрегация примесей на межфазной границе свинец-кристалл подтверждается результатами рентгеноспектрального анализа. Кроме того, автором впервые получены экспериментальные результаты по ориентационной зависимости межфазных характеристик в системе щелочно-галоидные кристаллы – жидкий свинец для трех кристаллографических ориентаций (100), (110) и (111). Краевые углы смачивания указанных кристаллографических ориентаций определяются соотношением $\theta_{(100)} < \theta_{(110)} < \theta_{(111)}$, что согласуются с результатами фундаментальных теоретических исследований ряда авторов.

В четвертой главе представлены результаты исследования температурной зависимости краевого угла смачивания, межфазного натяжения и работы адгезии при взаимодействии жидкого свинца с поверхностями монокристалла кварца, оксидов железа и конструкционной стали ЭИ852 с большим содержанием железа при температурах от 600 К до температур выше их фазовых переходов.

Путем высокотемпературного отжига в среде кислорода на поверхностях армко-железа и конструкционной стали ЭИ852 были получены пленки оксидов железа. Соискателем обнаружено, что на температурных зависимостях краевого угла смачивания оксидов железа на поверхностях армко-железа (900–950 К) и реакторной стали ЭИ852 (950 К) краевой угол смачивания жидким свинцом изменяется значительным скачком. При температурах выше фазового перехода значения краевого угла смачивания становятся меньше 90 градусов, т.е. наблюдается переход в область смачивания. Этот факт является важным для практического применения, в частности, в технологических процессах эксплуатации ядерных реакторов.

Автором также исследована температурная зависимость краевого угла смачивания жидким свинцом поверхности монокристаллического кварца. Впервые установлено скачкообразное изменение краевого угла смачивания,

межфазного натяжения и работы адгезии в области $\alpha \rightarrow \beta$ фазового перехода кварца ($T=846$ К). Уменьшение ретикулярной плотности при фазовом переходе в кварце, сопровождающееся преобразованием связей на поверхности, что приводит к уменьшению межфазного натяжения и увеличению работы адгезии между жидким свинцом и кварцем.

Установлено, что в исследованных системах заметное изменение краевого угла смачивания наблюдаются при фазовых переходах, протекающих с значительными изменениями энтальпии фазового перехода.

Установлены закономерности изменения межфазных характеристик в области температуры фазовых переходов в монокристалле кварца, а также в оксидах железа на конструкционной стали ЭИ852 и на армко-железе. Обнаружено влияние кристаллографической ориентации и фазового перехода в подложке на энергетические характеристики границы раздела твердой и жидкой фаз.

В заключении диссертации сформулированы общие выводы, отражающие наиболее важные результаты работы в целом.

Вместе с тем, по тексту диссертации имеется ряд замечания и пожеланий:

1. В первой главе – обзор литературы – много актуальной информации по изучению влияния фазового перехода подложки и его ориентационной зависимости на межфазные характеристики границы раздела двух твердых тел, а также твердое тело – жидкость. Вместе с тем, некоторые аспекты обзора следовало бы дополнить. В частности, при рассмотрении метода лежащей капли следовало бы описать и другие методы измерения поверхностного натяжения, такие как методы Вашбурна, весы Вильгельми, кольца дью Нуи, висящей капли и др.

2. Диссертационная работа, безусловно, имеет заверченный характер. Однако некоторые аспекты рассмотренные в данной диссертации изучены не полностью. В частности, представляет интерес вопрос о влиянии анизотропии подложки на величину краевого угла смачивания.

3. Название «фазовый переход смачивания» вызывает вопросы, поскольку сами контактирующие фазы не претерпевают никаких превращений – ни сами по себе, ни в результате эффекта. Возможно, более корректным было бы более краткое название «переход смачивания».

4. Название «метод лежащей капли» дублирует существующее название давно известного в литературе метода измерения межфазного натяжения (см., напр., Н.К. Адам «Физика и химия поверхностей», А.И. Русанов и В.К. Прохоров «Межфазная тензометрия»). При значительном внешнем сходстве все-таки это существенно различные методики, поэтому следует хотя бы немного изменить название. Например, «метод лежащей капли для измерения краевого угла».

Отмеченные замечания не снижают научной и практической значимости полученных результатов и общую положительную оценку работы, а в значительной степени носят характер пожеланий. Диссертация

представляет собой самостоятельно выполненную, цельную и завершённую научно-исследовательскую работу на актуальную тему. Автореферат диссертации даёт достаточно полное представление о проведённых автором исследованиях и о полученных результатах.

Заключение

Диссертационная работа А. Х. Дышековой «Межфазные характеристики жидкого свинца с щелочно-галоидными кристаллами различных ориентации и при фазовом переходе кварца и оксидов железа» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемых к кандидатским диссертациям (п.п. 9, 10 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24 сентября 2013 г., № 842). Тема и содержание диссертации соответствует пункту 1 Паспорта специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

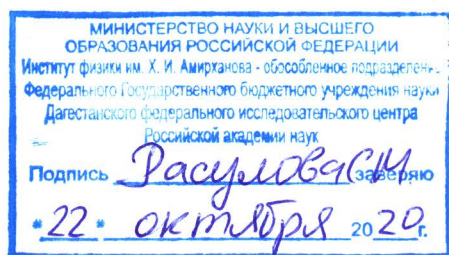
По объёму выполненных работ и новизне полученных результатов диссертационная работа А.Х. Дышековой на тему «Межфазные характеристики жидкого свинца с щелочно-галоидными кристаллами различных ориентаций и при фазовом переходе кварца и оксидов железа» рекомендуется для защиты на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доклад по диссертационной работе и отзыв обсуждены, и отзыв утверждён на расширенном научном семинаре Лаборатории «Термодинамики жидкостей и критических явлений» Института физики им. Х.И.Амирханова Дагестанского федерального исследовательского центра РАН 16 октября 2020 года.

Отзыв подготовил: Заведующий лабораторией «Термодинамика жидкостей и критических явлений» к.ф.-м.н. Расулов Сулейман Марасилович

Расулов

Юрид. Адрес: 367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, д.45.



брио уз секр. ЦФДФИЦ РАН Абакарова И.С.

