ОТЗЫВ

на автореферат диссертации *Шебзуховой Мадины Азметовны «Поверхностные явления и фазовые равновесия в одно- и двухкомпонетных нано- и макросистемах»*, представленной на соискание учёной степени доктора *физико-математических* наук по специальности *01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика»*.

В последние десятилетия наблюдается большой интерес к исследованию и практическому использованию наноструктурированных материалов. К этой категории относятся как нанокристаллические материалы, так и тонкопленочные материалы, а также материалы, содержащие наноразмерные структурные элементы, например, преципитаты, поры и т.п. В ряде случаев эти материалы обладают уникальным комплексом полезных свойств, в том числе стойкостью в коррозионно-активных средах, механической прочностью, особенностями поведения при криогенных температурах. Исследование закономерностей образования наноразмерных выделений в матрице, с которыми связано формирование особых свойств материалов, также представляет значительный интерес для дальнейшего развития теории фазового равновесия в высокодисперсных системах.

Диссертационная работа М.А. Шебзуховой посвящена совместному изучению влияния размерных эффектов на объемные и поверхностные свойства индивидуальных веществ и бинарных систем и ее актуальность не вызывает сомнений. В рамках классического (гиббсовского) подхода с использованием представлений о разделяющей поверхности и поверхностном натяжении в работе установлены новые соотношения, позволяющие рассчитывать размерные зависимости основных энергетических характеристик поверхностей (поверхностное натяжение, поверхностная энергия, свободная поверхностная энергия), а также основных параметров состояния (состав дисперсной частицы, матрицы и межфазного слоя между ними и температура равновесия). С использованием этих соотношений проведены расчеты указанных выше величин для большого числа металлов и их бинарных сплавов. Подробно изучены размерные зависимости поверхностных и объемных характеристик на разных границах (твердое тело – пар, жидкость – пар, твердое тело – жидкость, твердое

тело – твердое тело) в случаях положительной и отрицательной кривизны поверхности, фиксации температуры, давления в матрице (в которой находится дисперсная частица), степени дисперсности. Значительное внимание уделено исследованию поверхностных свойств малых частиц, когда их размеры соизмеримы с размерами критического зародыша. Предложены соотношения для расчета поверхностного натяжения таких частиц в зависимости от размера, а также способ оценки линейного участка на зависимости поверхностного натяжения от радиуса поверхности натяжения для наночастиц, находящихся в собственном паре и нанопор, расположенных в жидкой матрице.

Представляют интерес новые результаты, полученные соискателем, по немонотонной зависимости поверхностного натяжения жидкой нанокапли сферической формы на границе с паром, при условии постоянства давления в дисперсионной среде ($P^{(matr)} = const$). Такая зависимость следует из дифференциального уравнения, полученного в работе при условии $P^{(matr)} = const$, которое является аналогом известного уравнения Гиббса – Толмена – Кенига – Баффа, справедливого для изотермического случая ($T = const$). Заслуживают внимания особенности размерной зависимости твердой наночастицы в предплавильной области температур.

Наиболее важным результатом диссертационной работы М.А. Шебзуховой, по нашему мнению, является установление новых соотношений для согласованного описания влияния наноразмерных эффектов на поверхностные и объемные свойства в бинарных системах. В настоящее время методом атомно-зондовой томографии проводятся исследования химического состава и размера нановыделений в сплавах. Результаты таких экспериментов совместно с теоретическими данными, полученными в настоящей диссертационной работе, могут способствовать разработке новых перспективных материалов для развития многих направлений техники и технологий, а также целенаправленного поиска оптимальных режимов их получения и эксплуатации.

С использованием полученных соотношений в работе решен ряд актуальных задач, в том числе по построению размернозависимых фазовых диаграмм состояния в бинарных системах, разработке критериев для

прогнозирования характера распределения малой добавки в гетерогенной системе между объемными фазами и переходным слоем между ними, а также ее влияния на межфазное натяжение, адгезию, растекание и смачивание.

В качестве замечания можно отметить проведение исследований размерных зависимостей свойств нанообъектов, имеющих только сферическую форму. Кроме того, в работе недостаточно освещено возможное влияние размеров наночастиц, нанопор и поверхностного натяжения на межфазной границе в зависимости от их размеров на возможные изменения прочностных свойств содержащих их материалов. Желательно было бы провести в большем объеме сравнение полученных результатов с имеющимися экспериментальными данными. Для дальнейшего изучения размерных эффектов в наносистемах целесообразно использование метода функционала электронной плотности.

Сделанные замечания не снижают общее положительное впечатление от данной диссертационной работы.

Судя по автореферату, диссертационная работа удовлетворяют всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 01.04.15 «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика», и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» а ее автор, Шебзухова М.А., заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.15 – «Физика и технология наноструктур, атомная и молекулярная физика».

Д.т.н., профессор,
Руководитель отделения реакторных материалов и технологий Курчатовского комплекса НБИКС-природоподобных технологий
НИЦ «Курчатовский институт»
Борис Аронович Гурович
тел. (499) 196-94-14, e-mail Gurovich_BA@nrcki.ru

НИЦ «Курчатовский институт»
Москва, пл. Академика Курчатова, д.1

Подпись Б.А.Гуровича заверяю:
Главный учёный секретарь
НИЦ «Курчатовский институт» П.А. Форш