

**Кузнецов В.В.**Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН,  
630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1

Исследования процессов тепло- и массопереноса при фазовых превращениях и химических реакциях на микромасштабе бурно развиваются в последнее время. Это связано с ростом технологических приложений, которые требуют передачи больших потоков тепла и массы в ограниченном объеме, например в компактных парогенераторах/конденсаторах энергетических и криогенных устройств, системах охлаждения микропроцессоров, МЭМС технологиях, микрореакторах. При уменьшении масштаба течения возникает широкий спектр явлений, которые не типичны на большом масштабе и слабо изучены. Степень их появления зависит не только от масштаба течения, но и от формы каналов, капиллярных сил, скоростей течения, тепловых потоков, давления и т.д. Определение закономерностей течения и тепло-массообменных процессов в микросистемах и условий, при которых влияние масштаба становится определяющим, рассмотрено в данной работе.

Рассмотрены закономерности капиллярной гидродинамики двухфазных газожидкостных течений в микросистемах. В системах каналов малого размера эффекты стесненности и капиллярные силы становятся преобладающими и определяют режим течения и теплообмена [1]. Установлено, что основными режимами газожидкостного течения в микроканалах являются режим течения с удлинёнными пузырями, переходное и кольцевое течение. Теоретически установлены закономерности кольцевого газожидкостного течения в канале прямоугольного сечения, получена степень влияния капиллярных сил на распределение фаз по периметру канала. Разработаны методы расчета потерь давления на трение в микроканале, учитывающие влияние капиллярного давления.

Рассмотрены закономерности тепло-массообмена при кипении хладонов и воды в условиях вынужденной конвекции в микрожидкостных системах. Кипение в таких системах может происходить как при преимущественном вкладе пузырькового кипения, так и вынужденной конвекции [1,2]. Определены режимы теплообмена с преимущественным вкладом пузырькового кипения, вынужденной конвекции и испарения сверхтонких пленок жидкости, предложены модели расчета теплоотдачи с учетом подавления пузырькового кипения и перехода к преимущественному испарению сверхтонких пленок жидкости. Развита методика расчета теплообмена при испарении и конденсации в миниканалах и микроканалах сложной формы, которые учитывают стягивание жидкости в углы канала и установление предельного радиуса мениска в углах каналов при высокой скорости пара, построена модель испарения в окрестности контактной линии. Установлено значительное увеличение краевого угла смачивания на нагретой поверхности из-за интенсивного испарения жидкости в области минимальной толщины пленки.

Рассмотрена динамика фазового перехода при сверхбыстром переводе микрообъемов жидкости в метастабильное состояние, что является основой работы целого ряда МЭМС систем. Развита теория самосогласованного зародышеобразования и роста пузырей в поле волны давления, возникающей при распаде жидкости на гладкой и наноструктурной поверхности. Рост пузырей в окрестности спинодали рассмотрен с учетом сжимаемости жидкости и неоднородности поля температуры, обсужден механизм подвода тепла со стороны окружающей жидкости и через микрослой, в том числе при образовании сухих пятен при высокой внешней плотности энергии. Численно получены свойства фазового перехода в зоне глубокой метастабильности, разработаны методы управления режимами взрывного кипения.

Рассмотрены закономерности гетерогенных химических реакций в микроканалах с каталитически активными наноструктурами, включая реакции конверсии углеводородов и спиртов в водород, изучена кинетика многостадийных реакций в газовой фазе. В микроканалах с тонкопленочным катализатором на стенках внешние и внутренние диффузионные ограничения на скорости реакций в значительной степени подавлены и реакции протекают в кинетическом режиме. Теоретически получены закономерности химических превращений метана в среде паров воды, развит предложенный в [3] метод проведения химических превращений в неравновесных условиях при переменной температуре в зоне гетерогенных реакций. Обнаружено сильное воздействие тепловых и диффузионных процессов на скорость и последовательность гетерогенных реакций, разработаны методы управления реакциями конверсии углеводородов в компактных процессорах получения водорода.

Работа выполнена при частичной поддержке: проекта 2.11 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН на 2012-2014 г, проекта 4.3 Программы фундаментальных научных исследований ОЭММПУ РАН, Интеграционного проекта № 74 Сибирского Отделения РАН.

#### Список литературы:

1. Kuznetsov V.V. Heat and mass transfer with phase change and chemical reactions in microscale // Proc. of the International Heat Transfer Conference IHTC14. Washington, D.C., 2010. Paper 22570.
2. Kuznetsov V.V., Shamirzaev A.S. Boiling Heat Transfer for Freon R21 in Rectangular Minichannel // Heat Transfer Engineering. 2007. V. 28. P. 738–745.
3. Kuznetsov V.V., Kozlov S.P. Modeling of Methane Steam Reforming in a Microchannel with a Heat Flow Distributed in Length // Journal of Engineering Thermophysics. 2008. V. 17. No. 1. P. 53–59.