

УДК 66.061.35: 532.529

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МАССОПЕРЕНОСА В СИСТЕМЕ ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ В МИКРОКАНАЛАХ

Романова В.В. (ИАП РАН)

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Абиев Р.Ш.  
(СПбГТИ(ТУ))

**Введение.** В последние десятилетия миниатюризация химических устройств позволила значительно увеличить интенсивность массопереноса. Это стало возможным благодаря коротким путям диффузии и развитой конвекции, вызванной вихрями Тейлора. Точное управление процессами обеспечивается низкой инертностью рабочего объема микрореакторов и минимальными температурными градиентами. Эти устройства демонстрируют высокий уровень безопасности и обеспечивают контролируемые условия синтеза при получении продуктов химических реакций. Тем не менее, экспериментальная проверка преобладающей роли конвекции в процессах массообмена в двухфазных потоках микрореакторов пока что недостаточно исследована [1].

**Основная часть.** Цель данного исследования — проанализировать влияние частоты тейлоровской циркуляции на коэффициенты массопереноса в микроканалах системы жидкость-жидкость, чтобы определить роль конвекции. Для выполнения этой задачи проведены эксперименты по исследованию массопереноса в системе жидкость-жидкость путём экстракции янтарной кислоты в условиях двухфазного снарядного (тейлоровского) потока в модельной системе, включающей *n*-бутанол с растворенной в нем янтарной кислотой и воду. Эксперименты выполнялись на установке с использованием стеклянного микроканала диаметром  $d_c = 1,3$  мм, оснащённого соосно-сферическим диспергатором. Экспериментальные данные для расчета коэффициента массопереноса проанализированы с использованием двухплёночной модели Льюиса-Уитмена. В исследованиях найдены условия устойчивого снарядного режима течения при объемных расходах каждой из фаз в диапазоне от 0,67 мл/мин до 2,67 мл/мин, а также получены аппроксимации для определения удельной площади контакта фаз  $a$  (в 1/м) и коэффициентов:  $k_L$  – общего поверхностного коэффициента массопереноса, м/с; и  $k_{La}$  – объемного коэффициента массопереноса, с<sup>-1</sup>. Были установлены зависимости коэффициентов массопереноса от частоты циркуляции  $f_{\text{circ}}$  (Гц) в каплях сплошной фазы [2,3]. Полученные результаты имеют существенное значение для выбора режимов работы микрореакторов с системами «жидкость-жидкость», что обусловлено их уникальной конструкцией, высокими значениями коэффициентов массопереноса и значительно большей удельной поверхностью контакта фаз  $a$ .

**Выводы.** Впервые экспериментально проверена гипотеза о ключевом влиянии частоты циркуляции вихрей Тейлора на скорость массопереноса, применительно к системе «жидкость-жидкость» в микроканалах, при малых и умеренных значениях капиллярных чисел. Выявлено, что коэффициенты массопереноса  $k_L$  и  $k_{La}$  линейно коррелируют с частотой циркуляции  $f_{\text{circ}}$  в микроканале для системы вода – янтарная кислота – *n*-бутанол с довольно высокими значениями коэффициентов детерминации ( $R^2 = 0,85$  и  $R^2 = 0,9$ ), что подтверждает вывод о том, что конвективный массоперенос, обусловленный вихрями Тейлора, оказывает значительное влияние на общий процесс массопереноса. Это позволяет широко применять двухфазные микрореакторы для осуществления различных процессов в системах «жидкость-жидкость», таких как проведение химических реакций с межфазным переносом.

### Список использованных источников:

1. Abiev R.S. Mathematical Model of Two-Phase Taylor Flow Hydrodynamics for Four Combinations of Non-Newtonian and Newtonian Fluids in Microchannels // Chemical Engineering

Science. – 2022. – Vol. 247. – P. 116930. DOI: 10.1016/j.ces.2021.116930.

2. Abiev R.S., Butler C., Cid E., Lalanne B., Billet A.-M. Mass Transfer Characteristics and Concentration Field Evolution for Gas-Liquid Taylor Flow in Milli Channels // Chemical Engineering Science. – 2019. – P. 1331–1340. – DOI: 10.1016/j.ces.2019.07.046.

3. Mei M., Le Men C., Loubière K., Hébrard G., Dietrich N. Taylor Bubble Formation and Flowing in a Straight Millimetric Channel with a Cross-Junction Inlet Geometry Part II: Gas-Liquid Mass Transfer // Chemical Engineering Science. – 2022. – Vol. 258. – P. 117752. – DOI: 10.1016/j.ces.2022.117752.