

УДК 66.071.5:532.529

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА СНАРЯДНОГО РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ
НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ В МИКРОКАНАЛЕВ. В. РОМАНОВА¹, Р. Ш. АБИЕВ²¹Институт аналитического приборостроения РАН²Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)
Санкт-Петербург, Россия

В последние годы микрореакторные технологии активно применяются для интенсификации процессов тепло- и массопереноса в химической технологии за счёт малых характерных размеров каналов и высокой удельной поверхности контакта фаз. Особый интерес представляет экспериментальное исследование режимов течения в системе «жидкость – жидкость» в микроканалах с соосносферическим диспергатором, позволяющим формировать различные устойчивые режимы течения в широком диапазоне расходов фаз [1].

Целью данного экспериментального исследования являлось определение устойчивого формирования снарядного (тейлоровского) режима течения, при котором устанавливается закономерность между коэффициентами массопередачи k_L и k_{La} и гидродинамическими характеристиками потока, описываемыми числами Рейнольдса Re и капиллярным числом Ca . Перед проведением экспериментов обе жидкости модельной системы «н-бутанол – вода» предварительно насыщались друг другом с целью исключения влияния взаимной растворимости фаз на общий массоперенос при экстракции янтарной кислоты из дисперсной органической фазы (н-бутанола) в сплошную водную фазу в условиях устойчивого снарядного режима течения.

Эксперименты проводились в установке со стеклянным микроканалом диаметром 1,3 мм, в начале которого расположен соосносферический диспергатор, куда при помощи шприцевого насоса подавались жидкости через Т-образный блок с помощью трубок подвода фаз. Далее эмульсия поступала в сепаратор, где жидкости из-за разности плотностей разделялись. Концентрация янтарной кислоты определялась титрованием 0,1 М раствором NaOH в водной фазе. Режимы течения фиксировались с использованием цифровой камеры для последующей обработки изображений в программе КОМПАС-3D.

Экспериментально определены диапазоны объёмных расходов фаз 0,67...2,67 мл/мин, соответствующие устойчивому снарядному режиму течения. Число Рейнольдса, основанное на скорости капли U_D , находится в интервале 16...81, а капиллярное число – $1,2 \cdot 10^{-3}$... $6,4 \cdot 10^{-3}$.

В условиях устойчивого снарядного режима течения в микроканале внутри капель и жидкостных слаггов формируются замкнутые циркуляционные течения, интенсивность которых может быть охарактеризована частотой циркуляции, определяемой по формуле

$$f_{circ} = \frac{U_{TP} - U_D / 2}{2L_s},$$

где U_{TP} – скорость двухфазного потока, м/с; U_D – скорость капли, м/с; L_s – длина снаряда (слага), м.

Экспериментально установлено, что коэффициенты массопередачи возрастают с увеличением частоты циркуляции f_{circ} (2...9 Гц), обусловленной вихрями Тейлора, в микроканале для системы «вода – янтарная кислота – н-бутанол». Полученные зависимости характеризуются высокой степенью корреляции с коэффициентами детерминации $R^2 = 0,8$ и $R^2 = 0,9$, что указывает на определяющую роль конвекции в общем процессе массопереноса при снарядном режиме течения. Анализ зависимостей k_L и k_{LA} от капиллярного числа и числа Рейнольдса (рис. 1) показал, что увеличение значений этих критериев, в числитель которых входит скорость движения капель U_D , сопровождается увеличением интенсивности массопереноса.

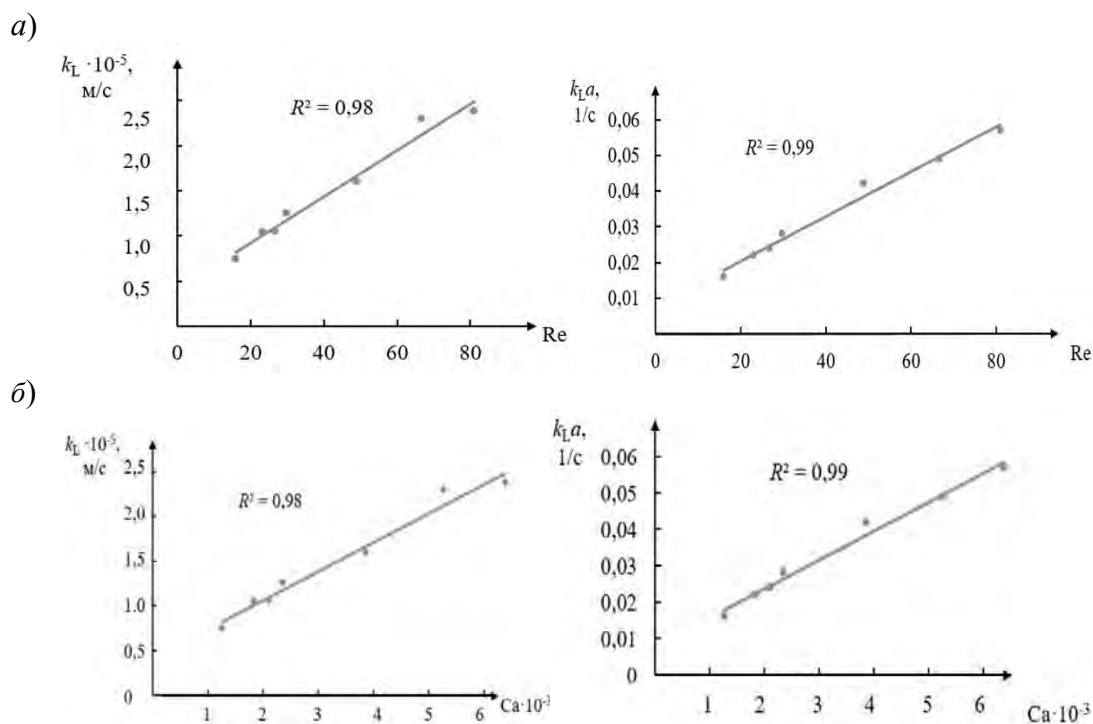


Рис. 1. Зависимости коэффициентов массопередачи k_{LA} и k_L от Re (a) и Ca (б)

Полученные результаты имеют практическое значение при выборе режимов работы микрореакторов для систем «жидкость – жидкость», обеспечивая целенаправленное управление интенсивностью массопереноса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Абиев, Р. Ш.** Химические и биохимические реакторы для контролируемого синтеза органических и неорганических веществ (обзор) / Р. Ш. Абиев // Журнал прикладной химии. – 2022. – Т. 95, № 11–12. – С. 1339–1364.