

9. МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОУЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

С.И. Лазарев, д-р техн. наук

В.Л. Головашин, канд. техн. наук

Ю.А. Ворожейкин

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», geometry@mail.nnn.tstu.ru

В.Г. Мирончук, д-р техн. наук

Ю.Г. Змиевский, канд. техн. наук

Национальный университет пищевых технологий

В биохимических производствах спирта и дрожжей из органического растительного сырья образуется ценный продукт — последрожжевая водная барда, для утилизации которой используют стадию биофильтрации. Нами было использовано совмещение стадий биофильтрации и ультрафильтрации. Для описания и объяснения явления массопереноса при ультрафильтрации (см. рис.1,а) нами использовался подход на основе дифференциальных уравнений материального баланса.

Математическая запись задачи:

$$V(0) = V_o; c_f(0) = c_{fo}; \quad (1)$$

$$\frac{dV}{d\tau} = -k \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \cdot F_m; \quad (2)$$

$$\frac{dc_f}{d\tau} = \frac{c_f \cdot k \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \cdot F_m \cdot R}{V}; \quad (3)$$

где τ — время разделения раствора, с; $\Delta \pi$ — осмотическое давление раствора, Па; F_m — площадь мембраны, м²; R — коэффициент задержания; V , с — объем м³, и концентрация кг/м³, в емкости исходной жидкости;

Коэффициент задержания определяли по формуле:

$$R = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \left[1 - \exp\left(-\frac{J \cdot h \cdot \gamma}{D_0}\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{J \cdot \delta}{D_0}\right)} \quad (4)$$

где: γ — равновесный коэффициент распределения; h — толщина активного слоя мембраны, м; D_0 — коэффициент диффузии в растворе, м²/с; δ — толщина пограничного диффузионного слоя, м.

Для определения удельного потока растворителя нами предложена следующая зависимость от концентрации внешнего раствора, рабочего давления и температуры:

$$J = k \cdot (\Delta P^m - k_1 \cdot C) \cdot \exp(k_2 \cdot C^n) \cdot \exp\left(\frac{A_1}{T}\right) \quad (5)$$

где $k_1 = -0,09$, $k_2 = 12,9$, $m = 0,27$, $n = -0,31$, $A_1 = -2590$; $\Delta P = 4$ МПа; $T = 273$ К.

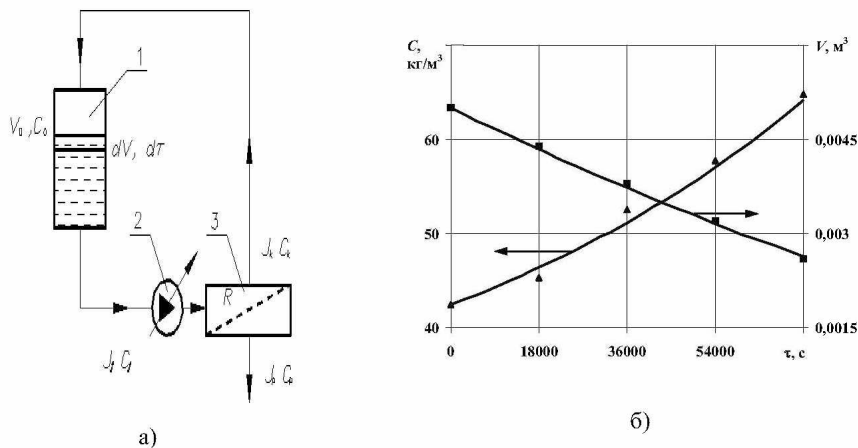


Рис. 1 (а) схема ультрафильтрационного разделения:

1 — исходная емкость; 2 — насос; 3 — мембранный модуль; (б) изменение объема в емкости исходной жидкости, в зависимости от времени проведения процесса, (сплошная линия расчет, точки — эксперимент).

Систему уравнений (2) — (3) интегрируем с учетом начальных условий (1). Для проверки адекватности математической модели были проведены эксперименты по разделению стоков биохимзавода с.Хоботово, Тамбовская область, на лабораторной ультрафильтрационной установке с мембранным модулем плоскокамерного

типа. Эксперименты проводились с использованием ультрафильтрационной мембраны УАМ-150. Основные результаты экспериментов и расчета изображены на рисунке 1, б. Из графиков видно, что расхождение между экспериментальными и расчетными данными не превышает $\pm 15\%$, что свидетельствует о приемлемости разработанной математической модели реальным массообменным процессам в ультрафильтрационных аппаратах плоскокамерного типа.

Данная работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.