

О ПРИМЕНИМОСТИ КВАЗИСТАЦИОНАРНОГО КОНВЕКТИВНОГО  
ПРИБЛИЖЕНИЯ ФИЛЬТРУЮЩЕГОСЯ ПОТОКА РАСТВОРИТЕЛЯ  
ПРИ СВЕРХКРИТИЧЕСКОЙ ФЛЮИДНОЙ ЭКСТРАКЦИИ

А.А. Саламатин<sup>1</sup>, Р.Н. Максудов<sup>2</sup>, К.Ю. Федорова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup> Казанский Национальный Исследовательский Технологический университет

[arthouse131@rambler.ru](mailto:arthouse131@rambler.ru)

Во время сверхкритической флюидной экстракции “жидкий” растворитель фильтруется (с постоянной скоростью фильтрации  $v$ ) сквозь пористый зернистый слой молотого растительного сырья. Общий вид уравнения, описывающего массоперенос в потоке растворителя в поровом пространстве, получается, как правило, на основе рассмотрения нестационарной конвективной аппроксимации с учетом продольной дисперсии  $D_{ax}$  и может быть записан в следующем безразмерном виде

$$\delta_t \frac{\partial x}{\partial \tau} + \frac{\partial x}{\partial \zeta} - \delta_D \frac{\partial^2 x}{\partial \zeta^2} = q, \quad \delta_t = \frac{e\theta_*}{(1-e)\theta_0}, \quad \delta_D = 6 \frac{DD_{ax}}{v^2 a^2},$$

где  $\theta_*$  – концентрация насыщения раствора маслом,  $\theta_0$  – начальные запасы масла в сырье,  $e$  – пористость зернистого слоя,  $D$  ( $\sim 10^{-12} \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$ ) – коэффициент эффективной диффузии масла в растительном сырье,  $a$  ( $\sim 10^{[-4;-3]}$  м) – средний размер частиц,  $H$  ( $\sim 10^{-2}$  м) – высота аппарата,  $q$  – поток масла из молотых частиц, а  $x$ ,  $\tau$  и  $\zeta$

$$x = c/c_{sc}, \quad \tau = t/t_{sc}, \quad \zeta = z/z_{sc}, \quad c_{sc} = \theta_*, \quad t_{sc} = \frac{\theta_0 a^2}{\theta_* 6D}, \quad z_{sc} = \frac{va^2}{6(1-e)D}.$$

безразмерные переменные (концентрация масла в поровом пространстве, время и пространственная координата в аппарате), соответствующие своим размерным аналогам  $c$ ,  $t$  и  $z$  и нормированные на характерные масштабы, выведенные на основе анализа размерностей.

В представленной работе на основе модели сужающегося ядра и полидисперсного приближения зернистого слоя (определяющих вид  $q$ ) исследуются границы применимости квазистационарного конвективного приближения потока без учета продольной дисперсии, при  $\delta_D$  и  $\delta_t \rightarrow 0$ . Анализ известных корреляций для  $D_{ax}$  позволил, в частности, определить условия работы экстрактора, при которых продольная дисперсия в аппарате пренебрежимо мала по сравнению с конвективным переносом ( $\delta_D \rightarrow 0$ ).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Республики Татарстан в рамках научного проекта номер 15-41-02542 p\_поволжье\_a.

ON THE APPLICABILITY OF THE QUASI-STATIONARY CONVECTIVE  
APPROXIMATION OF THE SOLVENT FLOW AT  
THE SUPERCRITICAL FLUID EXTRACTION PROCESS

A.A. Salamatin<sup>1</sup>, R.N. Maksudov<sup>2</sup>, K.U. Fedorova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kazan (Volga region) Federal University

<sup>2</sup> Kazan National Research Technological University

[arthouse131@rambler.ru](mailto:arthouse131@rambler.ru)

At supercritical fluid extraction the “liquid” solvent is pumped (with a constant superficial velocity  $v$ ) through the porous packed bed of ground plant material. The general master equation, describing solvent flow in the pore phase, is usually derived on the basis of the unsteady-state convective approximation additionally accounting for the axial dispersion  $D_{ax}$  which in dimensionless form can be written as

$$\delta_t \frac{\partial x}{\partial \tau} + \frac{\partial x}{\partial \zeta} - \delta_D \frac{\partial^2 x}{\partial \zeta^2} = q, \quad \delta_t = \frac{e\theta_*}{(1-e)\theta_0}, \quad \delta_D = 6 \frac{DD_{ax}}{v^2 a^2},$$

where  $\theta_*$  – saturation concentration of oil in the solvent,  $\theta_0$  – initial oil content in raw material,  $e$  – packed bed porosity,  $D$  ( $\sim 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) – effective diffusion coefficient of solute in the solid phase,  $a$  ( $\sim 10^{[-4;-3]} \text{ m}$ ) – mean particle size,  $H$  ( $\sim 10^{-2} \text{ m}$ ) – vessel height,  $q$  – the source term (solute flux from ground particles), and  $x$ ,  $\tau$ , and  $\zeta$

$$x = c / c_{sc}, \quad \tau = t / t_{sc}, \quad \zeta = z / z_{sc}, \quad c_{sc} = \theta_*, \quad t_{sc} = \frac{\theta_0 a^2}{\theta_* 6D}, \quad z_{sc} = \frac{va^2}{6(1-e)D}.$$

are dimensionless variables (solute concentration in the fluid phase, time and spatial coordinate in the vessel) corresponding to their dimensional analogues  $c$ ,  $t$ , and  $z$ , and normalized according to characteristic scales (subscript “sc”), deduces on the basis of scale analysis.

In this study on the basis of the shrinking core model and polydisperse approximation of packed beds (which specify the expression for  $q$ ) the applicability of the quasi-stationary ( $\delta_t \rightarrow 0$ ) convective approximation (with neglected axial dispersion,  $\delta_D \rightarrow 0$ ) of the fluid flow in the vessel is examined. The analysis of available correlations for the  $D_{ax}$  allowed, in particular, to determine extraction conditions when axial dispersion is negligible.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research and the Republic of Tatarstan, grant No. 15-41-02542 r\_povolzhe\_a.