

# КОНИЧЕСКАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

В.И. Земсков, Г.М. Харченко

*Приведена экспериментальная зависимость плотности и вязкости соевого масла от температуры, характеризующая способность соевого масла к разделяемости (к очистке от механических и других примесей). Приводятся экспериментальные данные, характеризующие способность цеолитов удерживать частицы примесей: зависимость коэффициента проницаемости от свойств цеолита.*

В конической центрифуге осуществляется процесс очистки соевого масла, при этом в качестве фильтрующего элемента используется цеолит. Соевое масло необходимо не только в качестве источника энергии, но и как поставщик физиологически активных соединений – незаменимых жирных кислот, фосфатидов, стеролов, витаминов, участвующих в организме человека в синтезе клеточных мембран, нервной, мозговой и других тканей [1].

Для торговой сети и общественного питания допускается гидратированное соевое масло первого сорта (прессовое) с массовой долей примесей не более 0,3% в пересчете на стеароолеолецитин (не более 0,026% в пересчете на  $P_2O_5$ ) [2]. Потребление соевого масла является основой здорового образа жизни. Расчетная норма годовой потребности россиянина в растительном масле составляет 19,5 кг.

Из литературных данных Н.М. Личко следует, что кислотное число – одно из основных характеристик качества масла, пригодности его для пищевых целей. Оно характеризует содержание свободных жирных кислот в масле. Наличие этих кислот в масле объясняется главным образом протеканием процесса расщепления молекул триацилглицеринов при влиянии неблагоприятных условий хранения, а так же незавершенностью процессов образования молекул триацилглицеринов. Накопление в масле свободных жирных кислот свидетельствует об ухудшении его качества.

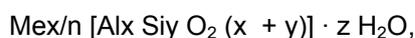
Примесями в сыром масле являются фосфолипиды, воски, углеводы, свободные жирные кислоты, жирорастворимые витамины и красящие вещества, влага, минеральные примеси, белковые вещества, углеводы, соединения обуславливающие вкус и аромат масла [3]. Соевое масло представляет собой полидисперсную систему, состоящую из гру-

бых и мелкодисперсных частиц, коллоидных веществ.

Однако помимо нежелательных или вредных примесей в соевом масле всегда имеются сопутствующие вещества, которые не только полезны, но и необходимы для нормальной жизнедеятельности организма человека. К таким примесям относятся жирорастворимые витамины (К, Е), каротиноиды, стеролы, незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты [1]. Некоторые сопутствующие вещества занимают промежуточное положение. Например, фосфолипиды, с одной стороны, физиологически активные вещества, имеющие важное значение в обменных процессах организма, являющиеся ингибиторами окисления масел, с другой – присутствие их в маслах, особенно в больших количествах, приводит к выпадению осадка, что резко снижает товарный вид и затрудняет дальнейшую переработку масла [3].

Цеолит имеет зернисто-пористую структуру и измельчен до определенных размеров, оцениваемых эквивалентным диаметром частиц, позволяет удалять тонкие дисперсные частицы и адсорбировать примеси.

Общая формула цеолитов



где Me – металл; x – число атомов алюминия; n – степень его окисления; y – число атомов кремния; z – число молекул воды.

Цеолиты встречаются как в природе, так и могут быть получены искусственно. Цеолиты природные образуют прозрачные бесцветные кристаллы любых кристаллографических систем. Имеют размер от нескольких сантиметров до нескольких микрометров, плотность составляет 1800...2250 кг/м<sup>3</sup>.

Месторождения цеолитов находятся в Закавказье, Закарпатье, Амурской области, на Камчатке; за рубежом – в Новой Зеландии, Японии, США, Исландии.

## КОНИЧЕСКАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

Специфика различных цеолитов связана с размерами входов в полости (они могут быть от 3 до 10Å), объемом полостей, природой и расположением катионов, химической стойкостью цеолитов в различных средах [3].

Природные и искусственные цеолиты проявляют ионообменные и адсорбционные свойства, которые в сочетании с жестким размером входов в полости и каналы обладают свойствами молекулярных сит и селективных ионообменников [1, 2].

Цеолит относится к отбельным материалам, обладающим адсорбционной активностью, и способен поглощать своей поверхностью красящие вещества соевого масла (примеси). Для использования в конической центрифуге цеолит измельчается с целью увеличения площади наружной поверхности частиц [4]. Крупность измельченного цеолита оценивается эквивалентным диаметром  $d$ . В связи с измельчением, изменяются такие показатели цеолита как пористость и порозность, оказывающие влияние на качество очистки. Взаимосвязь между коэффициентами пористости и порозности определяются следующими уравнениями:

$$\varepsilon = \xi / (\xi + 1), \quad (1)$$

$$\xi = \varepsilon / (1 - \varepsilon). \quad (2)$$

Для оценки процесса разделения дисперсных систем используется такая характеристика фильтровальных перегородок как коэффициент проницаемости  $K_c$

$$K_c = 0,246V_3 / [f^2 (1 - V)^2]. \quad (3)$$

Обобщенный коэффициент  $K$  учитывает влияние на разделяемость дисперсной системы кроме параметров фильтровальной перегородки и параметров соевого масла (плотности и кинематической вязкости)

$$K = (K_c \rho f g) / \mu = K_c g / \nu. \quad (4)$$

Экспериментальные данные, представленные в таблице 1, позволили определить пористость и порозность фильтрующего материала из цеолита в сухом и смоченном в соевом масле состоянии в зависимости от размеров частиц цеолита.

На основании этих данных построены графики зависимости пористости (рис.1) и порозности (рис.2) от размеров частиц цеолита.

На рисунке 3 приведен график зависимости коэффициента проницаемости от эквивалентного диаметра частиц цеолита, полученный на основании данных таблицы. Коэффициент проницаемости увеличивается от  $0,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$  при эквивалентном диаметре частиц цеолита  $d = 0,002 \text{ м}$  до  $4,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$  при  $d = 0,01 \text{ м}$ .

Из приведенных данных в таблице 1 видно, что коэффициенты пористости и порозности цеолитовой фильтровальной перегородки увеличиваются с ростом эквивалентного диаметра частиц цеолита, причем в сухом состоянии коэффициенты имеют большую величину. Это связано с тем, что в сухом состоянии часть масла, используемого для оценки величины пор, заполняет мелкие капилляры и микротрещины.

Это обстоятельство необходимо учитывать при определении производительности центрифуги для достижения требуемого качества очистки соевого масла и при разработке теории фильтрования в конической центрифуге

В таблице 2 приведены экспериментальные данные для оценки влияния параметров цеолита на разделяемость с учетом параметров соевого масла, в частности, приведены экспериментальные данные о кинематической вязкости соевого масла, полученного при очистке гидростатическим фильтрованием с фильтрующим материалом цеолитом.

Табличные данные и график (рис. 3) показывают, что на способность разделения дисперсных систем центрифугированием существенное влияние оказывают параметры цеолита, как фильтрующего материала.

Фильтрующая коническая центрифуга, как показывают исследования [4], обеспечивают очистку в соответствии с указанными требованиями: кислотность соевого масла  $0,459 < 1,0 \text{ мг KOH/г}$ , массовое содержание механических примесей  $0,089 \%$ . При проведении исследований использовалось соевое масло крестьянско-фермерского хозяйства Садигова Э.Ф., полученного прессованием.

В таблице 3 приведены экспериментальные данные о плотности и кинематической вязкости соевого масла в зависимости от температуры. Соевое масло получено гидростатической очисткой при высоте слоя фильтрующего материала  $H = 1,4 \text{ м}$ , температуре масла в процессе очистки в  $200\text{С}$ , диаметр частиц фильтрующего материала (цеолита) варьировал и составлял  $0,002 \text{ м}$  и  $0,01 \text{ м}$ .

График зависимости плотности этого соевого масла  $\rho_f \text{ (кг/м}^3\text{)}$  от температуры  $t \text{ }^\circ\text{C}$ , приведен на рисунке 1.

В результате обработки получены уравнения: при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,002 \text{ м}$

$$\rho f = -0,33 t + 939,72, \quad (5)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,8322$

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d=0,01$  м

$$\rho f = -0,8433 t + 944,3, \quad (6)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2=0,9921$ .

В полученных уравнениях приняты следующие обозначения:  $\rho$  – плотность соевого масла,  $\text{кг/м}^3$ ,  $t$  – температура соевого масла в процессе эксперимента,  $^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 1

Исходные данные для расчета коэффициентов пористости  $\xi$  и порозности  $\epsilon$  для цеолита сухого и пропитанного соевым маслом с разными диаметрами частиц цеолита  $d$

Диаметр частиц $d$ , м	Объем цеолита насыпной $V_{\text{нас}}, \text{м}^3$	Объем пор $V_{\text{пор}}, \text{м}^3$	Объем цеолита $V_{\text{ц}}, \text{м}^3$	Коэффициент пористости $\xi = V_{\text{пор}}/V_{\text{ц}}$	Коэффициент порозности $\epsilon = V_{\text{пор}}/V_{\text{нас}}$
Цеолит пропитан соевым маслом					
0,002	48	20	28	0,715	0,417
0,006	50	23	27	0,852	0,460
0,01	54	26	28	0,929	0,481
Цеолит сухой					
0,002	45	21	24	0,875	0,467
0,006	48	23	25	0,920	0,480
0,01	60	33	27	1,220	0,550

Таблица 2

Экспериментальные данные, характеризующие влияние параметров цеолита на разделяемость суспензии (соевого масла)

Диаметр частиц $d$ , м	Коэффициент проницаемости $K_c, \text{м}^2$	Вязкость кинематическая $\nu, \text{м}^2/\text{с}$		Обобщенный коэффициент $K, \text{м/с}$	
		$t=20^{\circ}\text{C}$	$t=50^{\circ}\text{C}$	$t=20^{\circ}\text{C}$	$t=50^{\circ}\text{C}$
0,002	$0,5 \cdot 10^{-7}$	0,5236	0,2487	$9,37 \cdot 10^{-7}$	$17,89 \cdot 10^{-7}$
0,006	$1,1 \cdot 10^{-7}$				
0,010	$4,2 \cdot 10^{-7}$	0,5271	0,2742	$78,17 \cdot 10^{-7}$	$65,67 \cdot 10^{-7}$

Таблица 3

Зависимость плотности и кинематической вязкости соевого масла, полученного при температуре  $20^{\circ}\text{C}$  гидростатической фильтрацией через слой цеолита  $H = 1,4$  м, от температуры

№ опыта	Температура $t, ^{\circ}\text{C}$	Плотность $\rho_f, \text{кг/м}^3$		Кинематическая вязкость $\nu, \text{м}^2/\text{с}$	
		$d = 0,002$ м	$d = 0,01$ м	$d = 0,002$ м	$d = 0,01$ м
1	20	928,1	934,4	0,5236	0,5271
2	35	913,5	925,6	0,3684	0,3749
3	50	902,8	924,5	0,2467	0,2742

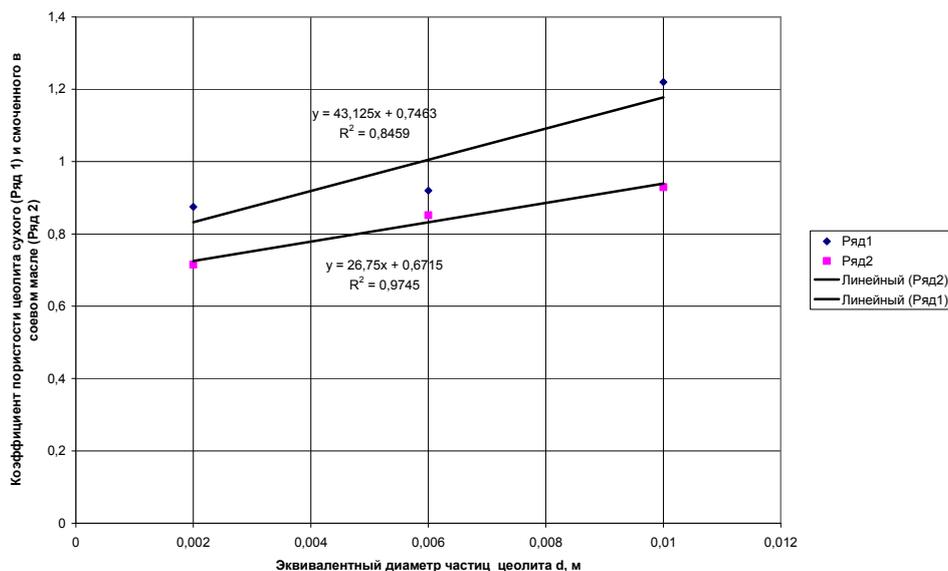


Рис. 1. Зависимость коэффициента пористости  $\xi$  от эквивалентного диаметра частиц цеолита  $d$ , м

КОНИЧЕСКАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ЦЕОЛИТОВОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

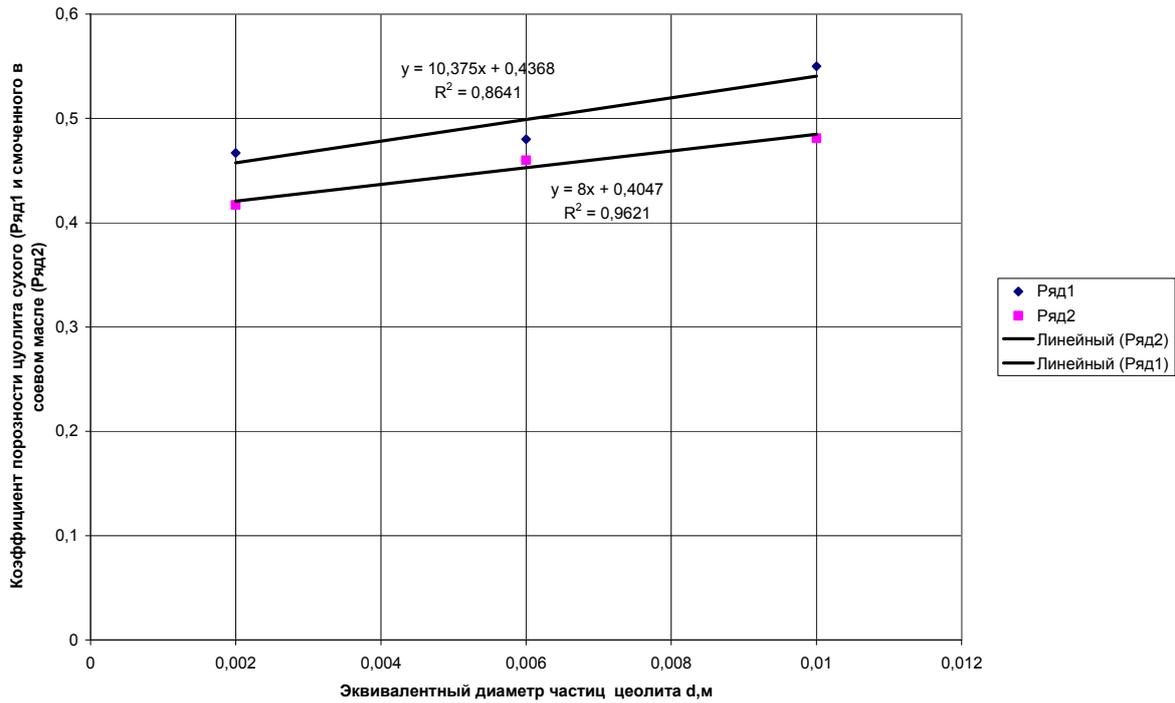


Рис. 2. Зависимость коэффициента порозности  $\epsilon$  от эквивалентного диаметра частиц цеолита  $d$ ,  $10^{-7} \text{ м}^2$

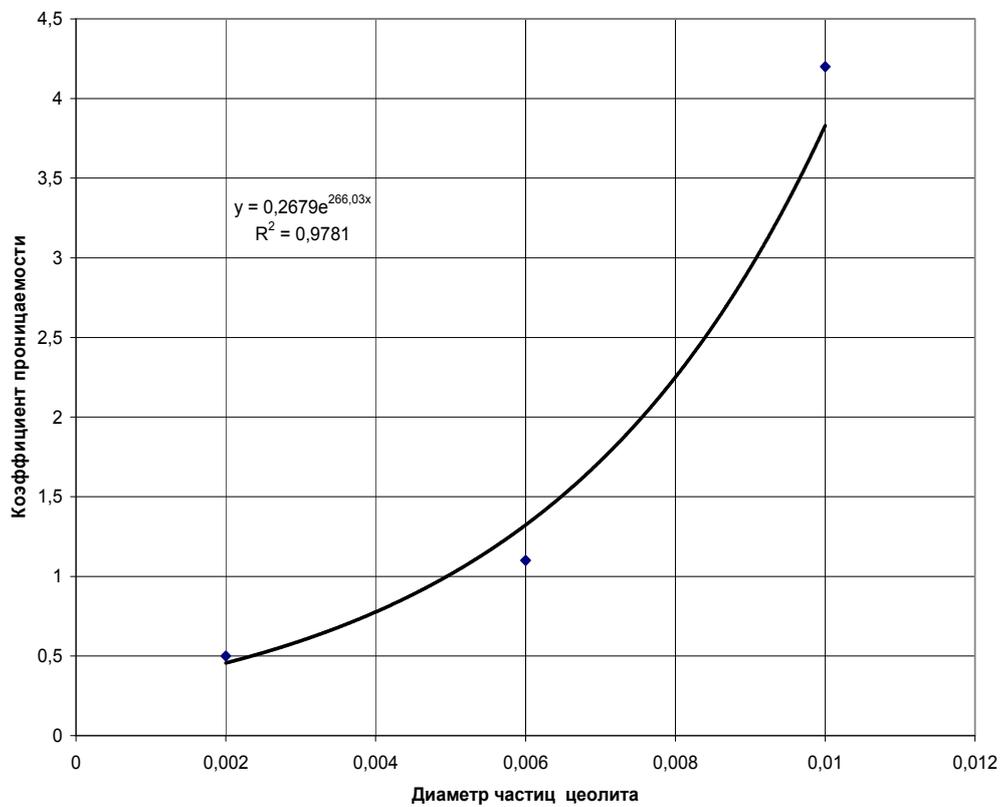


Рис. 3. Зависимость коэффициента проницаемости  $K_c$  ( $\text{м}^2$ ) от диаметра частиц цеолита  $d$  (м)  
*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 2007*

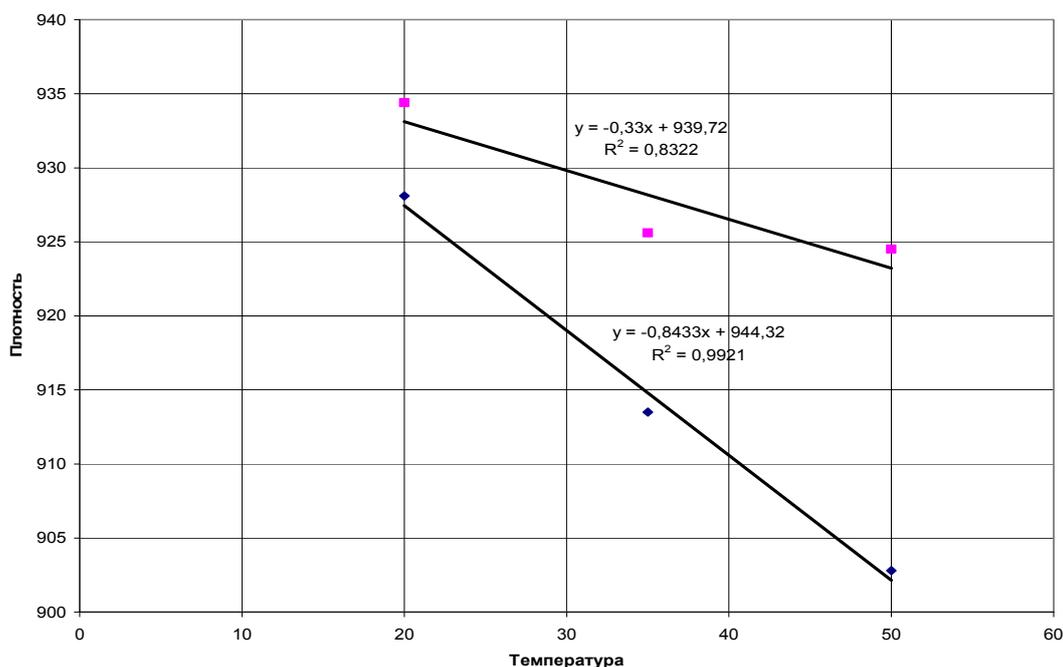


Рис. 4. Зависимость плотности соевого масла  $\rho_f$  (кг/м<sup>3</sup>), очищенного при температуре 20<sup>0</sup>С гидростатическим фильтрованием через слой цеолита высотой  $H = 1,4$  м и диаметре частиц цеолита 0,002 м и 0,01 м от температуры  $t$  °С

В результате обработки экспериментальных данных получены уравнения: зависимости кинематической вязкости  $\nu$  (м<sup>2</sup>/с) масла, полученного гидростатическим фильтрованием при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,002$  м и 0,01 м указанного соевого масла, от температуры  $t$  °С: при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,002$  м

$$\nu = -0,0084 t + 0,6871 \quad (7)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,9864$ ,

при диаметре частиц фильтрующего элемента  $d = 0,01$  м

$$\nu = -0,00932t + 0,7003, \quad (8)$$

коэффициент множественной корреляции  $R^2 = 0,9932$ ,

В уравнениях (7) и (8)  $\nu$  – вязкость соевого масла, м<sup>2</sup>/с,  $t$  – температура, °С.

На рисунке 4 представлен график зависимости плотности соевого масла, полученного при температуре 20<sup>0</sup>С на фильтрующих перегородках с диаметрами частиц  $d = 0,002$  м;  $d = 0,01$  м, от температуры.

Анализ графика на рисунке 4 показывает, что плотность масла, полученного при фильтровании через слой цеолита с размерами частиц  $d = 0,002$  м снижается с повышением температуры более интенсивно, чем у полученного при диаметре частиц  $d = 0,01$  м.

Очевидно, это зависит от количества примесей. Чем больше примесей в масле (при  $d = 0,01$  м), тем меньше интенсивность. Для того, чтобы количественно оценить это влияние, необходимо специальное исследование.

## ВЫВОДЫ

1. Кинематическая вязкость масла, полученного при фильтровании с использованием фильтровальной перегородки с  $d = 0,002$  м, уменьшается с 0,5236 м<sup>2</sup>/с при температуре 20<sup>0</sup>С до 0,2487 м<sup>2</sup>/с при температуре 50<sup>0</sup>С, а при использовании цеолита с  $d = 0,01$  м уменьшается с 0,5271 м<sup>2</sup>/с при температуре 20<sup>0</sup>С до 0,2742 м<sup>2</sup>/с при температуре 50<sup>0</sup>С.

Эти же данные показывают, что фильтровальные перегородки с меньшими частицами обеспечивают лучшую очистку (кинематическая вязкость меньше).

2. Плотность соевого масла, полученного при гидростатической очистке с использованием цеолита с размерами частиц  $d = 0,002$  м, с ростом температуры снижается с 927,8 кг/м<sup>3</sup> при температуре 20<sup>0</sup>С до 902,8 кг/м<sup>3</sup> при температуре 50<sup>0</sup>С, общий характер полученной зависимости не противоречит имеющимся литературным данным по другим дисперсным системам. Плотность соевого масла, полученного при использовании фильтроваль-

## КОНИЧЕСКАЯ ЦЕНТРИФУГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СОЕВОГО МАСЛА. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕОЛИТОВОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ ПЕРЕГОРОДКИ

ной перегородки с размерами частиц  $d=0,002$  м меньше, чем при  $d = 0,01$  м. Это доказывает, что качество очистки лучше при использовании фильтровальной перегородки с меньшими размерами частиц цеолита.

3. Коэффициент проницаемости фильтровальной перегородки из цеолита зависит от размеров частиц (эквивалентного диаметра).

С увеличением размеров частиц цеолита повышается и значение коэффициента  $K_c$ , при  $d = 0,002$  м коэффициент проницаемости равен  $0,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$ , при  $d= 0,01$  м –  $4,2 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Таран Н.Г. Адсорбенты и иониты в пищевой промышленности. – М.: Легкая промышленность, 1983.– 378 с.
2. Комаров В.С. Адсорбенты и их свойства.– Минск: Наука и техника, 1977. – 432 с.
3. Кичигин В.П. Технология и технологический контроль производства растительных масел.– М.: Пищевая промышленность, 1978.– 359 с.
4. Харченко Г.М. Обоснование способа очистки соевого масла и конструктивно-технологической схемы центрифуги // Механизация и электрификация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве: сб. науч. тр. ДальГАУ, Благовещенск, 1998.– Вып. 3.– С. 96 – 99.