

УДК 633.85:66.067.85

ББК 36.91

К-76

*Кошевой Евгений Пантелеевич*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: 8(861)2752279;

*Шорсткий Иван Александрович*, аспирант кафедры машин и аппаратов пищевых производств ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2, тел.: 8(861)2752279;

*Кошечкина Софья Евгеньевна*, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»; 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2;

*Схалыхов Анзаур Адамович*, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технологий, машин и оборудования пищевых производств, декан технологического факультета ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»; 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, 191, тел.: 8(8772)570412.

## ОЦЕНКА АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ МАСЛИЧНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ЭКСТРАГИРОВАНИИ

(рецензирована)

*Статья посвящена исследованию адсорбционных свойств жмыховой фракции семян подсолнечника. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании процесса экстракции.*

**Ключевые слова:** экстракция, масличный материал, адсорбция, концентрация, мисцелла.

*Koshevoy Eugeniï Panteleevich*, Doctor of Technical Sciences, professor, head of the Department of Machinery and Devices for Food Production of FSBEI HE "Kuban State Technological University"; 350072, Krasnodar, 2 Moscow Str., tel.: 8 (861) 2752279;

*Shorstky Ivan Alexandrovich*, a postgraduate student of the Department of Machinery and Devices for Food Production of FSBEI HE "Kuban State Technological University"; 350072, Krasnodar, 2 Moscow Str., tel.: 8 (861) 2752279;

*Koshevaya Sophia Eugeniïevna*, Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the Department of Computer Science and Computer Engineering of FSBEI HE "Kuban State Technological University"; 350072, Krasnodar, 2 Moscow Str.;

*Skhalyakhov Anzaur Adamovich*, Doctor of Technical Sciences, associate professor of the Department of Technology, Machinery and Equipment for Food production, dean of the Technological Faculty of FSBEI HE "Maikop State Technological University"; 385000, Maikop, 191 Pervomayskaya Str.

## EVALUATION OF THE ADSORPTION PROPERTIES OF OIL SEED DURING THE EXTRACTION PROCESS

(Reviewed)

*The article investigates the adsorption properties of oilcake fractions of sunflower seeds. The obtained results can be used for the extraction process modeling.*

**Keywords:** extraction, oil seed material, adsorption, concentration, miscella.

Для анализа эффективности различной организации процесса экстракции масличного материала в многоступенчатом процессе проведена оценка адсорбционных

свойств жмыховой фракции семян подсолнечника. В проведенных исследованиях использован методический подход, примененный в работах [1, 2].

Удельный объем свободных пор определяли путем погружения навески материала в растворитель с последующим сливом избытка растворителя. Объем оставшегося растворителя в материале  $V_2$  приняли равным объему свободных пор. Измерения проводились при температуре  $19^{\circ}\text{C}$ . Варьировалась исходная навеска материала  $P$  и исходный объем растворителя  $V_1$ . В таблице 1 приведены результаты измерений на жмыховой фракции подсолнечных семян, которые перерабатывались на Лабинском МЭЗе.

Таблица 1 – Результаты измерений свободного объема пор жмыховой фракции семян подсолнечника

Номера опытов	Изменяемые величины			
	$V_1$ , мл	$V_2$ , мл	$G$ , г	$V_2/G$ , мл/г
1	150	93,75	150	0,625
2	150	89,1	150	0,594
3	150	89,4	150	0,596
4	150	90,45	150	0,603
5	150	95,1	150	0,634
6	90	51,45	75	0,686
7	90	50,7	75	0,676
8	90	39,6	75	0,528
9	90	48,15	75	0,642
10	90	37,95	75	0,506

Статистическая обработка результатов таблицы 1 позволила установить для удельный свободный объем пор жмыховой фракции  $V_2/P = 0,609 \pm 0,090$  мл/г.

Для определения коэффициента адсорбции экстрагируемого масла в порах жмыховой фракции (взял образец с исходной масличностью  $M = 18\%$ ) выполнена при  $t = 55^{\circ}\text{C}$  серия опытов простой многоступенчатой экстракции (т.е. с подачей чистого растворителя на каждую ступень) при различной длительности процесса на ступени (принято два уровня 1 час и 6 часов) и при различном соотношении материал-растворитель (принято четыре уровня 1:3; 1:4; 1:5 и 1:6, при этом исходный материал подвергался пропитке дополнительным количеством растворителя, и процесс вели с перемешиванием магнитной мешалкой в колбе с последующим разделением фаз фильтрацией на воронке через фильтровальную бумагу).

В таблице 2 приведены результаты экспериментов при длительности процесса на ступени 1 час, а в таблице 3 – при длительности процесса на ступени 6 часов.

Обработку полученных данных проводили в виде зависимости, которая хорошо описывала экспериментальные точки (рис. 1, 2):

$$\ln(q_i / q_0) = d \cdot n, \quad (1)$$

где  $n$  – число ступеней.

Таблица 2 – Результаты простой многоступенчатой экстракции жмыховой крупки при длительности процесса на ступени 1 час

Соотношение	Ступень					
	1	2	3	4	5	6
1/3	17,45	16,17	14,98	13,87	12,85	11,91
1/4	14,78	11,47	8,89	6,90	5,35	4,15
1/5	12,99	8,78	5,93	4,01	2,71	1,83
1/6	11,69	7,06	4,26	2,57	1,55	
$\ln(q_i/q_0)$	1	2	3	4	5	6

1/3	-0,04	-0,13	-0,22	-0,31	-0,40	-0,48
1/4	-0,24	-0,53	-0,81	-1,09	-1,36	-1,62
1/5	-0,39	-0,82	-1,25	-1,66	-2,06	-2,47
1/6	-0,51	-1,06	-1,60	-2,12	-2,63	

Таблица 3 – Результаты простой многоступенчатой экстракции жмыховой крупки при длительности процесса на ступени 6 часов

Соотношение	Ступень		
	1	2	3
1/3	7,97	3,11	1,21
1/4	6,45	1,97	
1/5	5,47	1,39	
1/6	4,78	1,04	
$\ln(q_i/q_0)$	1	2	3
1/3	-0,93	-1,92	-2,89
1/4	-1,16	-2,39	
1/5	-1,33	-2,75	
1/6	-1,47	-3,04	

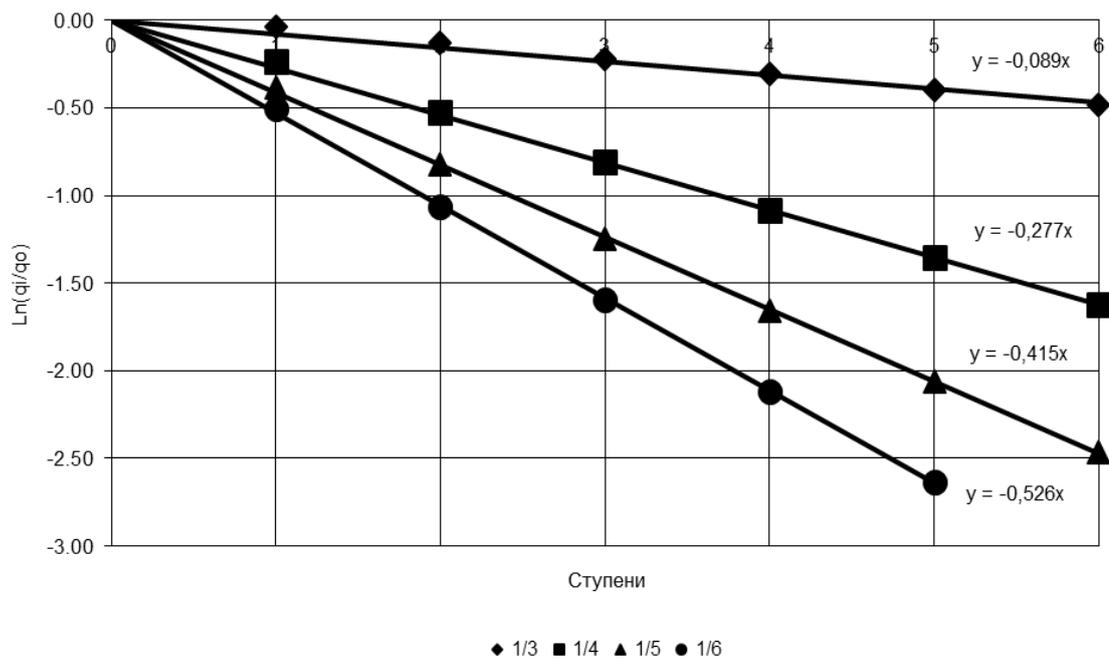
Учитывая, что варьировались факторы /время экстракции на ступени  $\tau$  и соотношение растворитель-материал Р/М для нахождения предельных (равновесных) масличностей оказалось возможным провести обработку данных и найти зависимость  $\ln(q_i/q_0) = f(1/\tau)$  от этих факторов (таблица 4).

Таблица 4 – Сводная таблица влияния обратного времени экстракции и соотношения фаз на результаты  $[\ln(q_i/q_0)]$  многоступенчатой экстракции жмыховой крупки

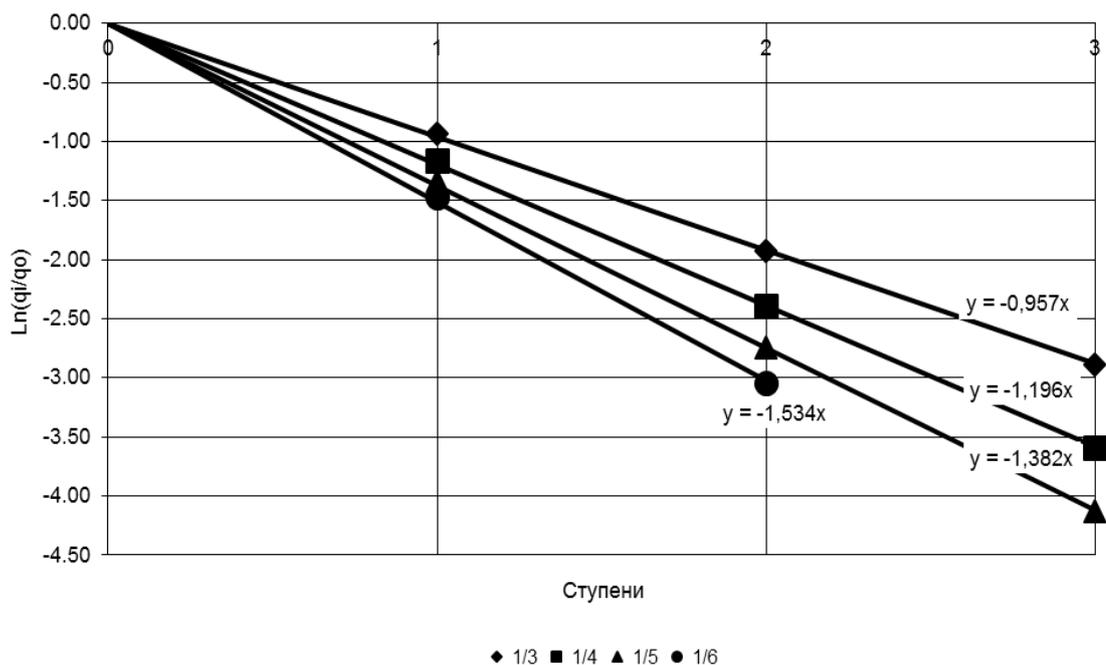
1/ $\tau$	Ступень						Соотношение
	1	2	3	4	5	6	
1	-0,04	-0,13	-0,22	-0,31	-0,40	-0,48	1/3
1/6	-0,93	-1,92	-2,89				
1	-0,24	-0,53	-0,81	-1,09	-1,36	-1,62	1/4
1/6	-1,16	-2,39					
1	-0,39	-0,82	-1,25	-1,66	-2,06	-2,47	1/5
1/6	-1,33	-2,75					
1	-0,51	-1,06	-1,60	-2,12	-2,63		1/6
1/6	-1,47	-3,04					

Принято, что данные зависимости имеют линейный характер:

$$\ln(q_i/q_0) = a + b \cdot (1/\tau) \quad (2)$$



**Рис. 1.** Зависимости простой многоступенчатой экстракции для времени экстракции 1 час (коэффициент наклона  $d$ )



**Рис. 2.** Зависимости простой многоступенчатой экстракции для времени экстракции 6 часов (коэффициент наклона  $d$ )

В таблице 5 представлены параметры зависимости  $\ln(q_i/q_0)$  от  $1/\tau$  для каждой ступени при различных соотношениях растворитель – материал.

Таким образом, величина коэффициента  $a$  в уравнении (2) может быть принята как оценка равновесного состояния, наступающего при  $\tau \rightarrow \infty$ .

Таблица 5 – Параметры ( $a, b$ ) зависимости (2) для различных соотношений материал-растворитель по результатам многоступенчатой экстракции жмыховой крупки

Соотношение	n-1			Коэффициенты
	0	1	2	
0,333	-1,11	-2,28	-3,42	$a$
	1,07	2,15	3,20	$b$
0,25	-1,34	-2,76	-4,14	$a$
	1,11	2,23		$b$
0,2	-1,52	-3,13		$a$
	1,14	2,31		$b$
0,167	-1,67	-3,43		$a$
	1,16	2,37		$b$

Отдельно для каждого соотношения велась обработка полученной равновесной относительной концентрации /  $a = \ln(c/c_0)_p$  / от числа ступеней, (таблица 6), как это рекомендовано в работе [2]:

$$\ln(c/c_0)_p = A \cdot (n-1) + B \quad (3)$$

Определение коэффициентов уравнения (3) проводилось по результатам экспериментов на каждой ступени для соответствующего соотношения материал - растворитель и результаты представлены в таблице 6.

Используя зависимость из работы [2]:

$$\frac{\beta\Gamma}{\beta\Gamma + 1} = \exp(A) \quad (4)$$

определили величину  $\beta\Gamma$ .

Таблица 6 – Параметры ( $B, A$ ) зависимости (3) для различных соотношений материал-растворитель по результатам многоступенчатой экстракции жмыховой крупки и результаты определения величины  $\beta\Gamma$  по зависимости (4)

Соотношение	$B$	$A$	$\exp(A)$	$\beta\Gamma$	$\beta$	$\Gamma$
1/3	-1,130	-1,137	0,32	0,472	0,270	1,75
1/4	-1,380	-1,367	0,25	0,342	0,203	1,69
1/5	-1,575	-1,543	0,21	0,272	0,162	1,68
1/6	-1,736	-1,687	0,19	0,227	0,135	1,68

Проверка достоверности найденных значений осуществлялась путем оценки линейной связи между соотношением растворитель-материал и обратной величиной  $1/\beta\Gamma$  (рис. 3). Получена линейная зависимость, проходящая через начало координат с угловым коэффициентом 0,7307.

Чтобы определить коэффициент адсорбции необходимо вначале определить параметр  $\beta$ , представляющий собой отношение общего объема пор материала к внешнему объему растворителя. Общий объем пор материала складывается из объема свободных пор материала, который определен выше, и объема, занимаемого маслом:

$$V_M = \frac{G_{MAT} \cdot M_n}{100 \cdot \rho_m} \quad (5)$$

Плотность масла равна при температуре опытов:

$$\rho = 934 - 0,7t \quad (6)$$

Параметр  $\beta$  определяется по соотношению:

$$\beta = \frac{V_M + \Delta V}{P} \quad (7)$$

Полученные данные по параметру  $\beta$  для исследованных соотношений материал-растворитель представлены в таблице 6. Соответственно с учетом найденных значений  $\beta\Gamma$  рассчитаны коэффициенты адсорбции  $\Gamma$ .

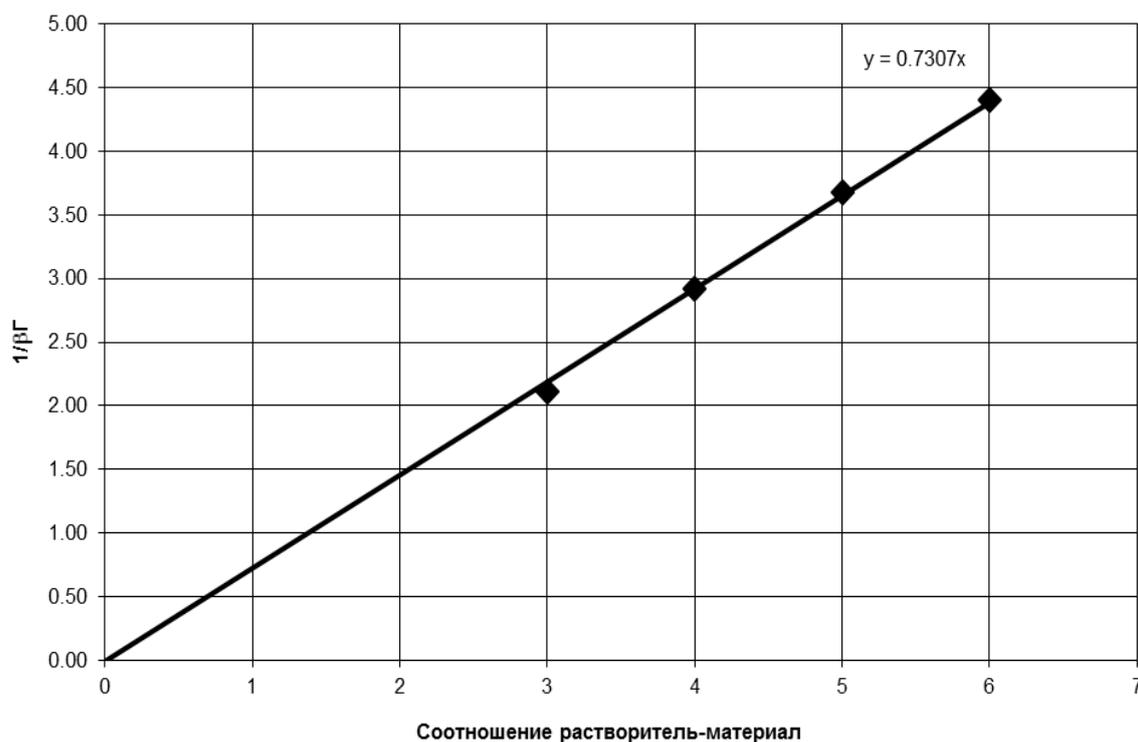


Рис. 3.

*Корреляция между параметром  $1/\beta\Gamma$  и соотношением растворитель-материал*

Как установлено, величина коэффициента адсорбции в исследованном диапазоне соотношений материал-растворитель мало меняется. Среднее значение коэффициента адсорбции масла в жмыховой крупке семян подсолнечника составляет  $\Gamma = 1,7$ .

#### ВЫВОДЫ:

1. Концентрация мисцелл в поровом объеме экстрагируемой жмыховой фракции подсолнечника в равновесии с внешней объемом экстрагируемой мисцеллы существенно выше (в 1,7 раза), что связано с действием адсорбционных сил на поверхности стенок порового объема экстрагируемого материала.

2. Установленные свойства экстрагируемого масляного материала могут быть использованы при моделировании процесса экстракции [3-5].

#### Литература:

1. К вопросу пропитки частью растворителя при противоточном экстрагировании жмыха и лузги / Кошевой Е.П. [и др.] // Известия ВУЗов. Пищевая технология. Краснодар, 1988. 11 с.

2. Тарасов В.Е., Кошевой Е.П. Определение основных параметров модели равновесного экстрагирования жмыха подсолнечных семян // Известия ВУЗов. Пищевая технология. Краснодар, 1985.

3. Кошевой Е.П., Кварацхелия Д.Г. Моделирование и расчет экстракторов с твердой фазой / АН Грузии; Региональный научный центр. Зугдиди, 2001. 99 с.

4. Кошевой Е.П., Косачев В.С., Схалыхов А.А. Теоретический анализ экстракции в массообменнике с пористой перегородкой // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2001. №5/6. С. 66-68.

5. Оценка свойств фаз, взаимодействующих в процессе  $\text{CO}_2$  – экстракции и определяющих гидродинамическую неустойчивость / Кошевой Е.П. [и др.] // Новые технологии. 2013. №3. С. 36-41.

#### **References:**

1. *On the question of the impregnation of the solvent by countercurrent extraction of meal and husk/ Koshevoy E.P. [and oth.]// Proceedings of universities. Food technology. Krasnodar, 1988.*

2. *Tarasov V.E., Koshevoy E.P. Identification of the main parameters of the model of equilibrium extraction of sunflower seeds meal //Proceedings of the universities. Food technology. Krasnodar, 1985.*

3. *Koshevoy E.P., Kvaratskhelia D.G. Modeling and calculation of the extractors with solid phase/ Georgian Academy of Sciences; Regional Research Center; Zugdidi, 2001. 99 p.*

4. *Koshevoy E.P., Kosachev V.S., Skhalyakhov A.A. Theoretical analysis of the extraction in mass transfer with a porous septum //Proceedings of higher educational institutions. Food technology. 2001. № 5-6. P. 66-68;*

5. *Evaluation of phase properties interacting in the  $\text{CO}_2$  - extraction and determining the hydrodynamic instability/ Koshevoy E.P. [and oth.] // New Technologies. 2013. № 3. P. 36-41.*