

**ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ УТИЛИЗАЦИИ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ ВОСКОВ  
CHEMICAL TECHNOLOGY AND PROCESSES OF RECYCLING PLANT WAXES**

**Лариса Леонидовна Руднева, Светлана Ивановна Бухкало  
Larisa Leonidovna Rudneva, Svetlana Ivanovna Buhkhalo**

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,  
Харьков, Украина  
National Technical University «KhPI», Kharkov, Ukraine  
(Тел. +380932430788 e-mail: [bis.khr@gmail.com](mailto:bis.khr@gmail.com))

*Аннотация:* Разработаны технологические стадии процесса получения восков растительного происхождения. Определены основные закономерности протекания технологических стадий процесса экстракции воскоподобных веществ. Представлены результаты исследования основных свойств полученных восков из отходов – лузги подсолнечника. Показана эффективность их использования в различных отраслях промышленности и стоматологии.

*Abstract:* In this article, we investigated the processes of production and the use of plant waxes. Properties of the plant waxes were analyzed. We have described basic regularities of wax-like substances extraction process from waste – sunflower husks. We have shown the effectiveness of their use in various industries, and dentistry.

*Ключевые слова:* лузга подсолнечника, растительные воски, процессы экстракции, повышение эффективности использования.

*Keywords:* sunflower husks, plant waxes, extraction process, increase of the effectiveness using.

Исследования отечественной селекции подсолнечника, ориентированные на высокую масличность, показали рост доли липидов в лузге (плодовой оболочке) в 10–15 раз по сравнению с семенами старых сортов, изменились также и структурно-механические свойства оболочек подсолнечника, что вызывает определенные технологические осложнения при переработке подсолнечника и получения прозрачного подсолнечного масла в соответствии с требованиями стандарта. С целью расширения рынка сырья для отраслей промышленности и медицины, использующих воски, можно обозначить следующие задачи исследований: анализ рынка сырья восков разного происхождения с учетом спроса, превышающего 1 млн. т/год; интенсификация процессов утилизации отходов масложировой отрасли АПК; постоянный рост цен на аналогичное сырье импортного производства и т.д.

Процесс экстракции из лузги подсолнечника – сложный процесс, который можно представить в виде ряда простых массообменных процессов: диффузия, диализ, растворение, десорбция, осмос и механическое вымывание [1]. Эти процессы протекают одновременно, взаимно влияя друг на друга, и являются составляющими процесса экстракции. Но основным процессом,

который обеспечивает извлечения целевых веществ из сырья, можно назвать процесс диффузии, которая, как известно, основан на изменении концентрации целевых веществ в сырье и растворителе, а движущей силой является разность концентраций. Для проведения исследований по извлечению воскоподобных веществ из лужи подсолнечника использовали перколяционный метод, который основывается на свойствах воска растворяться в органических растворителях и образовывать кристаллы при низких плюсовых температурах. Состав полученного воска из усредненной партии лужи подсолнечника [2, 3] анализировали по основным физико-химическим показателям (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики воскоподобного вещества из лужи подсолнечника

Показатель	По литературным данным	Полученный воск
Кислотное число, мг КОН/г	2–17	-
Йодное число, % I <sub>2</sub>	110–124	110
Эфирное число, мг КОН	98–108	100
Температура плавления, °С	65–73	73
Температура кристаллизации, °С	70–74	73
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,920–0,960	0,930
Показатель преломления, $n_D^{80}$	1,4410–1,4500	1,4415

Составной частью процесса экстракции воска из лужи подсолнечника является десорбция, которая происходит в клетках при проникновении экстрагента. Экстрактивные вещества в клетках находятся в адсорбированном состоянии, то есть они прочно связаны силами адсорбции с внутриклеточным содержанием, а экстрагент преодолевает эти силы и десорбирует необходимые вещества. Различают молекулярную и конвективную диффузии, свободную и внутреннюю. Молекулярная диффузия обусловлена хаотическим движением молекул и отличительной особенностью ее является то, что перенос вещества осуществляется в виде молекул, а среды неподвижны относительно друг друга. Скорость молекулярной диффузии обычно определяют уравнением Фика [1]:

$$dM / d\tau = -D \cdot F \cdot dC / dx \quad (1)$$

где  $dM / d\tau$  – скорость диффузии, обусловленная массой вещества, перешедшего из одной среды в другую за единицу времени;  $F$  – площадь контакта фаз;  $dC$  – разница концентраций вещества в средах;  $dx$  – изменение толщины диффузионного слоя;  $D$  – коэффициент молекулярной диффузии, который можно записать в виде уравнения:

$$D = -(R \cdot T) / N_0 \cdot (1 / 6\pi r \eta) \quad (2)$$

где  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – абсолютная температура;  $N_0$  – число Авогадро;  $\eta$  – вязкость экстрагента;  $r$  – радиус частиц (молекул) вещества.

При конвективной диффузии перенос вещества осуществляется не отдельными молекулами, а объемами его раствора. Происходит конвективная диффузия в результате перемещения экстрагента относительно сырья, а скорость ее выражается следующим уравнением:

$$dM / d\tau = -\beta \cdot F \cdot dC / dx \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент конвективной диффузии.

В процессе экстракции растительное сырье и экстрагент разделены клеточной перегородкой, которая для свежего сырья имеет пристенный слой протоплазмы и делает оболочку полупроницаемой, то есть она проницаема для экстрагента и непроницаема для веществ, которые содержатся в клетке. Поглощение живой клетки экстрагента представляет собой процесс осмоса и извлечения веществ из клетки при этом не наблюдается. Клетка высушенного сырья вследствие гибели протоплазмы теряет характер полупроницаемой и приобретает свойства пористой перегородки, а характер диффузии через нее – процесс диализа, который в данном случае можно считать также процессом внутренней диффузии, так как она происходит внутри частиц сырья.

Составной частью процесса экстракции является десорбция, которая происходит в клетках при проникновении экстрагента. Экстрактивные вещества в клетках находятся в адсорбированном состоянии, то есть они прочно связаны силами адсорбции с внутриклеточным содержанием, а экстрагент преодолевает эти силы и вещества десорбируются.

Технологические стадии процесса экстракции имеют следующие составляющие: 1. Экстрагент проникает в измельченное сырье и по межклеточных каналах достигает поверхности клетки, а далее через простую клеточную оболочку поступает внутрь клетки. 2. Растворение экстрактивных веществ в экстрагенте внутри клетки после процесса десорбции. 3. За счет разницы концентраций начинается диализ – переход веществ из клетки через клеточную перегородку. 4. В результате диализа на поверхности растительного сырья образуется неподвижный диффузный слой, в котором имеет место молекулярная диффузия. Толщина слоя различна и зависит от скорости движения экстрагента относительно сырья, при этом диффузный слой сопротивляется процессу экстракции веществ вследствие замедления выхода веществ из сырья. 5. экс-

трактивные вещества, преодолев диффузный слой, распределяются по всему объему экстрагента по законам свободной конвективной диффузии. В этом случае процесс экстракции в целом может быть выражен с помощью уравнения массопроводности:

$$dM = -K \cdot dF \cdot dC / dx \cdot d\tau \quad (4)$$

где  $K$  – коэффициент массопроводности,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $F$  – активная поверхность,  $\text{м}^2$ ;  $dC$  – объемная концентрация целевого вещества в средах,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $dx$  – изменение толщины диффузионного слоя,  $\text{м}$ ;  $\tau$  – время процесса,  $\text{с}$ .

Коэффициент массопроводности в данном случае можно представить в следующем виде, объединяющем все виды диффузии:

$$K = 1 / (1 / D_b + 1 / \beta + \sigma / D_c) \quad (5)$$

где  $D_b$  – коэффициент внутренней диффузии (диализа);  $\sigma$  – толщина диффузионного слоя, в котором происходит молекулярная диффузия;  $D_c$  – коэффициент молекулярной диффузии.

Общие стадии промышленного процесса экстракции подразделяют на: 1) подготовительные; 2) основные – приведение в контакт действующих фаз, организация относительного движения фаз в объеме аппарата; организация перемещения контактирующих фаз вдоль аппарата; выгрузка действующих фаз; первичная обработка экстракта; первичная обработка отработанного сырья; 3) заключительные.

Таким образом можно сделать следующие выводы: исследован общий технологический режим и возможности процесса экстракции воска из лозги подсолнечника; исследованы свойства полученных целевых продуктов и показана возможность применения воскоподобных веществ, взамен используемых в настоящее время в различных отраслях промышленности.

### Список литературы

1. *Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П. и др.* Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. Ч. 2. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005. – 532 с.
2. *Боровская, Л.В.* Применение природных и синтетических восков в качестве теплоаккумулирующих материалов / *Л.В. Боровская, С.Г. Шабалина, В.Н. Данилин.* – М: Наука и техника, 1996. – 476 с.
3. *Ивановский Л.Е.* Энциклопедия восков. – М. Т. 1, 1956. – 286 с.