

технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратурное оснащение и уменьшают количество стадий на производстве. Выбор технологии и оборудования позволяет рекомендовать этот способ как дешевую и эффективную возможность концентрирования спиртовой барды, создает предпосылки для дальнейшей апробации и внедрения на спиртовых заводах.

Литература

1. Кухаренко А.А. Безотходная биотехнология этилового спирта / А.А. Кухаренко, А.Ю. Винаров. М.: Энергоатомиздат, – 2001. – 272 с.
2. Рябов Г.К. Система безотходной переработки послеспиртовой барды / Г.К. Рябов // Инновации: Исследования и разработки. – 2003. – № 6.
3. Галкина, Г.В. Новая технология переработки послеспиртовой барды / Г.В. Галкина, В.И. Илларионова, Г.С. Волкова, Е.В. Горбатова, Е.В. Куксова // Ликероводочное производство и виноделие. – 2004. – № 6. – С. 14–16.
4. Технология спирта / В.Л. Яровенко и др. М.: Колос, «Колос-Пресс», – 2002. – 464 с.
5. Лозанская, Т.И. Производство кормовых дрожжей из послеспиртовой зерновой барды по безотходной технологии / Т.И. Лозанская, Н.М. Худякова, Л.А. Лихтерберг // Ликероводочное производство и виноделие. – 2002. – №7. – С. 1–3.
6. Климовский Д.Н., Смирнов В.А., Стабников В.Н. Технология спирта. М., – 1967, с. 406–410.
7. Авторское свидетельство СССР № 959747, кл. А 23 L 3/18. Способ концентрирования мялясной барды, – 1982.
8. Авторское свидетельство СССР № 1684328, кл. С 12 F 3/00. Способ концентрирования мялясной последрожевой барды. – 1989.

УДК 664-022.532

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПИЩЕВЫХ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Ружицкая Н.В., Макиевская Т.Л.
Одесская национальная академия пищевых технологий

В работе рассмотрены направления развития пищевых нанотехнологий. Проведена классификация наномасштабных объектов пищевого сырья. Дан анализ механизмов новых комбинированных процессов переноса на основе волновых бародиффузионных технологий. Рассмотрены энергетические аспекты использования этих технологий при экстрагировании и при обезвоживании продуктов. Приведены примеры практического использования волновых бародиффузионных технологий при производстве кофе, коньяков, сушке зерна, инактивации микроорганизмов, деминерализации воды.

The food nanotechnologies development directions have been considered in the paper. Classification of food raw nanoscale objects has been given. The analysis of new combined wave barodiffusion technologies based transport processes mechanisms has been given. Energy aspects of using these technologies in extraction and product dehydration have been considered. The examples of wave and barodiffusion technologies practical use in coffee, cognac production, grain drying, microorganisms inactivation, water demineralization have been provided.

Ключевые слова: энергетика пищевых нанотехнологий, бародиффузия, волновой подвод энергии, технологии экстрагирования, обезвоживания, воды, инактивации микроорганизмов.

Введение. Опыт существования человечества показывает, что научно-технический прогресс в каждой эпохе определяет приоритетное направление индустриального развития. Для каждой эпохи характерны три периода: роста интереса, регулярного развития и спада интереса (табл. 1). Настоящее время – эпоха информационных технологий – характеризуется бумом их развития. Однако информационные технологии должны стремительно приближать человечество к новой эпохе, название которой – нанотехнологии (НТ). Настоящее время – время формирования интереса и бурного роста НТ. Достижения нанонаук обосновали перспективы НТ, чем серьезно заинтересовался бизнес. Выделяются предельные объемы государственных и частных инвестиций в нанонауку и НТ. Многие страны, в первую очередь США и Япония, в последние годы динамично развивают исследования в сфере НТ. Государственное и коммерческое финансирование этой проблемы постоянно растет. Ежегодное финансирование нанонаук в США

увеличивается на 100...200 млн. \$. Только государственные инвестиции нанонаук на следующие 3 года запланированы в США на 3,7 млрд \$, в Японии – 3 млрд \$.

Таблица 1 – Периоды индустриального развития человечества

ЭПОХА	ПЕРИОДЫ		
	СТАНОВЛЕНИЯ И РОСТА ИНТЕРЕСА	РЕГУЛЯРНОГО РАЗВИТИЯ	СПАДА ИНТЕРЕСА
Текстильная	1771...1800	1800...1853	с 1853
Железных дорог	1825...1853	1853...1913	с 1913
Автомобилей	1886...1913	1913...1969	с 1968
Компьютеров	1939...1969	1969... 2025	с 2025
Нанотехнологий	1997...2025	2025...2081	с 2081

Ожидается, что в настоящем десятилетии на рынке появится широкий ассортимент товаров, полученных по нанотехнологиям. К 2015 г. этот рынок в США достигнет уровня 1 трлн.\$.

Предпосылками этого являются энергичная динамика роста, значительные объемы финансирования, широкий интерес различных ведомств к нанотехнологиям [1]. Уникальные возможности и перспективы нанотехнологий объединили усилия фундаментальной науки, фирм и государственных лабораторий в США в рамках долговременной программы «Национальная нанотехнологическая инициатива». Значительные инвестиции в нанотехнологии проводятся в Китае, Европейской Комиссией, в Индии, в Бразилии и т.д.

Направления развития пищевых нанотехнологий. Проблемы пищевых нанотехнологий (ПНТ) в мире комплексно не занимают. Вместе с тем, использование нанотехнологий в пищевой промышленности позволит создать принципиально новые продукты, не имеющие аналогов в современной кулинарии [2]. Поскольку пищевые системы это сложнейшие биологические системы, то нанотехнологический подход должен основываться на междисциплинарной основе, комплексном анализе химических, физических и биотехнологических явлений. Будущее пищевых технологий – это глубокое согласование фундаментальных основ физики, химии и биотехнологии. А такой подход отвечает определению НТ. Считается, что нанотехнологии - это совокупность приемов и методов, применяемых при изучении, проектировании, производстве и использовании наноструктур, устройств и систем, включающих целенаправленный контроль и модификацию формы, размера, взаимодействия и интеграции составляющих их наномасштабных элементов (до 100нм), для получения объектов с новыми химическими, физическими, биологическими свойствами [1]. При этом развитие пищевых НТ должно проводиться с глубокой оценкой рисков и потенциальных опасностей для общества.

Определены направления нанотехнологий в пищевых производствах [1]. Первое направление (упаковка, мониторинг, маркировка) достаточно часто обсуждается в печати. По второму (ингредиенты продуктов питания или добавки к ним) и третьему (инженерия продуктов питания, производство молекулярной пищи) направлениям сведения ограничиваются, в основном, процессами измельчения сырья и продукта до наноразмерных частиц. Вместе с тем, именно пищевые нанотехнологии имеют серьезную специфику, которая может предопределить их бурное развитие.

Специфика пищевых НТ определяется как задачами процессов переработки пищевого сырья, так и особенностями самого сырья. Пищевые НТ могут развиваться по трем направлениям (табл.2). Первое – это манипулирование с наномасштабными элементами для «сборки» искусственных продуктов (молока, мяса и пр.). Такие технологии основаны на механизме «снизу - вверх». Это достаточно сложное и спорное направление. К первому направлению можно отнести и модификации отдельных комплексов и придание им новых свойств. Второе – это управление процессами переноса на уровне наномасштабных объектов (табл.2) пищевого сырья, совершенствование традиционных процессов производства, продуктов и их применений с помощью полного использования квантовых свойств и поверхностных явлений на наношкале. Это новое и перспективное научное направление.

Таблица 2 – Классификация пищевых нанотехнологий

№	Направление	Определение
1	РЕВОЛЮЦИОННЫЕ	Сборка на молекулярном уровне пищевых нанометрических структур при превалировании химических взаимодействий
2	ЭВОЛЮЦИОННЫЕ	Управление процессами переноса на границе фаз нанометрических пищевых структур при превалировании физических взаимодействий
3	КОМБИНИРОВАННЫЕ	Организация совместного химического, физического и биофизического взаимодействия при синтезе наноразмерных структур.

Третье направление – это комбинации первых двух с целью создания уникальных образцов. Вероятно, в этом направлении следует ожидать серьезных прорывов в решении проблем биотехнологий.

Парадигма пищевых нанотехнологий. Предметом исследований в ПНТ являются микроорганизмы, нанопоры и нанокапилляры растительного сырья, оболочки клеток, белок, полисахариды и молекулы воды. Именно на эти объекты нацелены основные этапы пищевых технологий. Поэтому процессы биотехнологий, стерилизации, экстрагирования, сушки, сокоотдачи и пр. можно организовывать на наномасштабном уровне. Принципы, которые могут быть реализованы при переводе пищевых производств на нанотехнологии, позволят существенно снизить энергоемкость, уровень термического воздействия на сырье и продукт, получить принципиально новые продукты.

Следуя классификации (табл. 2) революционные ПНТ должны быть нацелены на трансформацию, синтез надмолекулярных и супрамолекулярных комплексов на основе, например, белков (размер 10...100нм), полисахаридов (размер 1...10нм) и т.п. Перспективным направлением считается создание супрамолекулярных систем для транспорта биологически активных соединений [3].

Объекты эволюционных ПНТ сведены в табл.3.

Таблица 3 – Наномасштабные объекты эволюционных ПНТ

Объект	молекула воды	микроорганизмы	поры, капилляры	био-мембраны	оболочки клеток	жировые капли	нано-частицы
Размер, нм	0,15	от 7	от 5	5...10	7...30	от 60	от 300

Объекты ПНТ (табл.3) – это уже созданные природой наноразмерные структуры. Задача исследователя ПНТ заключается не в синтезе новых наномасштабных структур, а организация условий, при которых необходимые процессы переноса на границе раздела фаз пищевой системы и наноразмерного объекта будут реализовываться с предельной эффективностью. Схема исследований в таких условиях может выглядеть следующим образом: «выдвижение ряда гипотез – разработка методов их проверки – постановка серии экспериментов – подтверждение правильной гипотезы».

Специфика моделирования ПНТ. Основные процессы пищевых производств сопровождаются сообщением продукту энергии. Если продукт представляет собой жидкость, то моделирование основано на феноменологическом подходе и сводится к анализу непрерывной системы. Схема моделирования базируется на использовании законов сохранения вещества, энергии и количества движения. Феноменологические законы включают в себя известные линейные соотношения необратимых процессов: уравнения Фурье, Фика. Результатом моделирования являются материальный и энергетический баланс, пространственно-временное распределение параметров.

Такой подход оказался приемлемым при анализе многих химико-технологических процессов при медленном изменении параметров. Однако жидкие пищевые системы (суспензии, аэрозоли и т.п.) специфичны. Наличие клеточно-волоконистой структуры не учитывается вышеизложенным подходом [4]. Поскольку, содержимое клеток является главной целью технологии, то модель должна отражать кинетику переноса на границе клетки и среды, внутри поры, капилляра. Понимание таких закономерностей является основанием для интенсификация процессов, реализации принципиально новых технологий пищевых производств. Особенно интересный результат можно ожидать при резком изменении параметров в объеме, при импульсном вводе энергии, при комбинированном протекании процессов. Опыт, полученный в ОНАПТ, показывает, что при волновом подводе энергии инициируются бародиффузионные потоки из наномасштабных каналов сырья, а интенсивность процессов переноса возрастает на 2...3 порядка [4, 5]. Такие комбинированные подходы можно характеризовать как волновые бародиффузионные технологии (ВБДТ).

Механизм бародиффузионных процессов переноса. Исходя из термодинамической схемы нанопроцесса [4,5] и тепломеханической модели клеточной структуры механизм комбинированного нано- и макропереноса влаги (и других компонентов) из волоконистой структуры в поток поясняется схемой (рис.1, а) и электродиффузионной моделью (рис.1,б). Последовательная цепочка диффузионных сопротивлений состоит из суммы: $\Sigma R = R_{НК} + R_{МК} + R_{МО}$.

Процесс конвективной массоотдачи от поверхности продукта в поток имеет наименьшее диффузионное сопротивление ($R_{МО}$). Влага перемещается в микрокапиллярах к поверхности продукта, преодолевая диффузионное сопротивление ($R_{МК}$). Это конвективная диффузия в стесненных условиях (поток j_1). Диффузионное сопротивление нанокапилляров обозначено ($R_{НК}$). Это наибольшее диффузионное сопротивление, поскольку, стесненность диффузионных процессов в нанокапиллярах максимальна.

При воздействии импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) инициируется поток влаги из капилляров (j_2). По сути, это бародиффузия, которая определяется растущим в капиллярах давлением P_k (рис.1). Отдельные капилляры, где достигнуты условия для генерации паровой фазы, начинают периодически выбрасывать в поток жидкость из капилляров. Влага из нанокapилляров выбрасывается в микрокапилляры преодолевая диффузионное сопротивление (R_{PH}). Частота таких выбросов и число функционирующих капилляров растет с ростом N - мощности излучения.

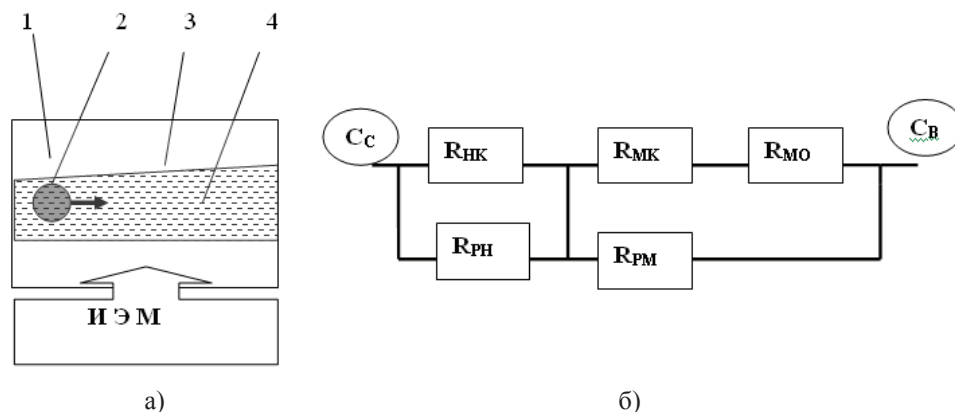


Рис.1 – Процесс бародиффузии:

а) – схема, б) – электродиффузионная модель

1 – твердое тело, 2 – паровой пузырек, 3 – стенка капилляра, 4 – жидкость

При постановке задачи предлагается аналогия с центрами парообразования [5]. Суммарный поток (j) определяется коэффициентом массопередачи (K) традиционной схемы и коэффициентом массоотдачи (β_p) бародиффузионного потока:

$$j_1 = j_2 + j_3 = K (C_{II} - C_B) + \beta_p (P_k - P_B) \quad (1)$$

Этот поток турбулизирует и пограничный слой. Таким образом, гидродинамическая ситуация в потоке определяется эквивалентным диаметром (d), относительной скоростью движения диффузионной среды (w). Процесс переноса осложнен вихревой диффузией из каналов твердой фазы, импульсным характером поля, которое определяет число и производительность центров точечного массопереноса [5]. Задачи такого плана решаются на основе экспериментального моделирования. Методом “анализа размерностей” определена структура уравнения в безразмерных переменных. Предложено число энергетического воздействия: $Vi = N (\gamma w d^2 \rho)^{-1}$ для учета влияния действия ИЭМП. Физический смысл числа Vi заключается в том, что устанавливается соотношение между энергией излучения и той энергией, которая необходима для преобразования в пар всей воды, которая находится в продукте. В соотношении (γ – теплота фазового перехода, ρ – плотность воды

Чем ближе число Vi к 1, тем больше образовывается паровой фазы, тем больше градиент давлений, тем интенсивнее выбросы влажного насыщенного пара из глубины капилляров. Растет турбулизация пограничного слоя, но увеличиваются нагрев твердой фазы и расход энергии. Число Vi характеризует микро- и нанокинетику массопереноса бародиффузией [5, 6]. Интенсивность бародиффузии определяется давлением, возрастающим в капилляре. Частота выбросов и количество функционирующих капилляров увеличивается пропорционально электрофизическому воздействию.

С применением процесса бародиффузии было получено кофейное масло из шлама кофе. Изучалось влияние таких факторов, как температура, характер растворителя и вид подведенной энергии на скорость процесса экстрагирования. Интенсификация процесса массопереноса из твердой фазы шлама за счет бародиффузии осуществлялась подведением микроволновой энергии поля частотой 2450 кГц при мощностях 85 – 127 Вт. Использовались режимы импульсного и непрерывного воздействия поля, а также температуры от 40 °С до кипения растворителя при гидромодуле 1:3.

Для исследований использовались органические растворители: неполярные гексан и нефрас, и полярный – спирт. неполярные растворители воздействию микроволнового излучения не подвергаются, их нагрев осуществляется за счет содержащейся в сырье воды. Полярные растворители, такие как этанол, в

микроволновом поле нагреваются. Известно, что спирт и гексан извлекают из продукта различные компоненты, соответственно состав и качество полученного масла различны.

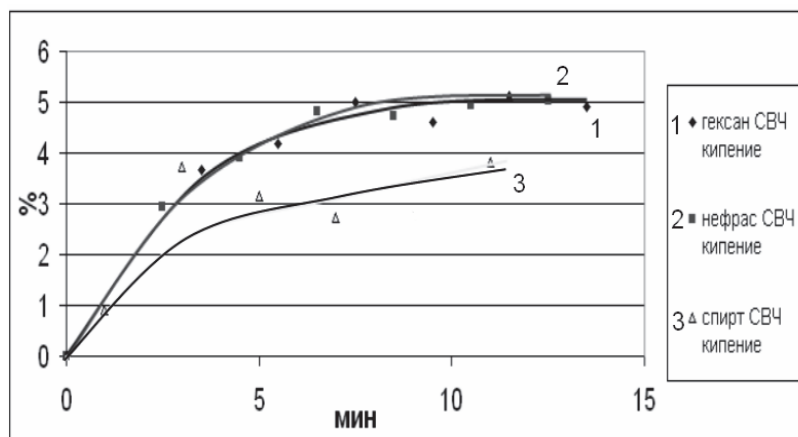


Рис. 2 – Влияние характера растворителя на скорость процесса экстрагирования

1 – гексан; 2 – нефрас; 3 – спирт

Скорость экстрагирования масла гексаном и нефрасом одинакова, а выход масла больше, чем при экстрагировании спиртом (рис. 2). В то же время спирт извлекает красящие и ароматические вещества кофе, нерастворимые в гексане.

Влияние способа подвода энергии показано на рис. 3.

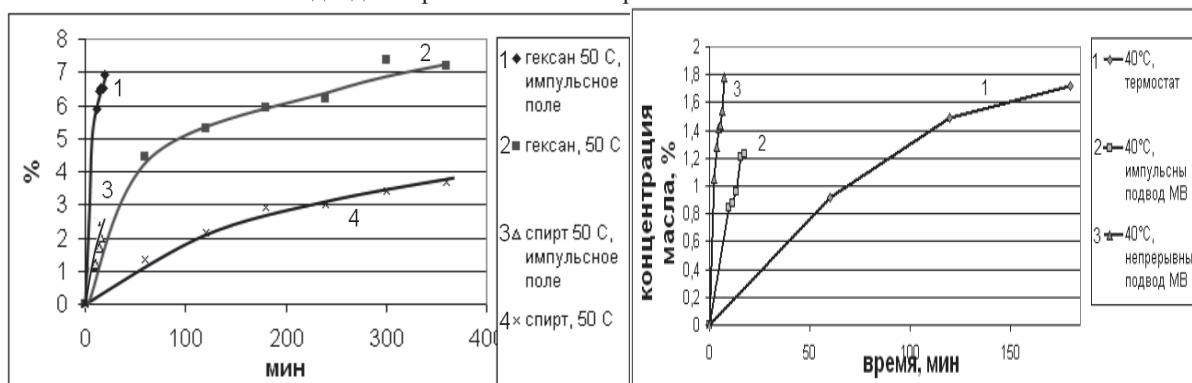


Рис. 3 – Зависимость скорости экстрагирования от характера подведенной энергии

На рис. 3 видно значительное ускорение процесса экстрагирования при подводе микроволновой энергии. Продолжительность процесса сокращается с нескольких часов до нескольких минут при температурах ниже температуры кипения растворителя. Такое значительное ускорение процесса объясняется явлением бародиффузии. Таким образом микроволновая интенсификация процесса массопереноса при экстрагировании может найти широкое применение для извлечения термолabileльных компонентов, извлечение которых в условиях кипения недопустимо.

Процессы экстрагирования в микроволновом поле позволяют достичь более глубокого извлечения целевых компонентов из сырья. Объясняется это тем, что бародиффузионный поток способен извлекать компоненты из пор наноразмерного масштаба.

Достигнутый прикладной результат. На сегодняшнее время имеются факты, объяснять которые можно только с позиций нанонаук [4...7]. К таким фактам, полученным на кафедре процессов и аппаратов ОНАПТ, относятся: изменения и трансформации структуры вкусовых и ароматических комплексов продукта, стерилизация микроорганизмов при пониженных температурах и т.п. Причина этих фактов общая – действие электромагнитного поля. Информация о результатах исследований и перспективы их развития приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Направления нанотехнологических проектов в АПК

№	проект	параметр	Традиционный подход	Результат ВБДТ	
				Достигнутый	Ожидаемый
1	Низкотемпературный наностерилизатор	Энергоемкость, МДж/кг продукта Температура, °С КПД, %	0,2 80...100 0,004	0,02 30 0,04	$2 \cdot 10^{-5}$ 10...20 20...40
2	экстрактор	Степень интенсификации массопереноса, раз	1	100	10000
3	зерносушилка	Энергоемкость, МДж/кг влаги	4...6	1,9	0,1...0,2

Исследовались перспективность ВБДТ для производств растворимого кофе и коньяков. Современные технологии экстрагирования из зерен кофе характеризуются противоречиями. С одной стороны, стоит задача максимального извлечения ценных компонентов из зерен. Эффективным приемом решения такой задачи является повышение температуры процесса, т.е. повышение давления в аппарате и ступенчатым экстрагированием. С другой стороны, при высоких давлениях в аппарате затруднено применение проточных схем и, даже, мешалок. В результате – современная технология экстрагирования из зерен кофе характеризуется громоздкостью, трудоемкостью, энергоемкостью [5]. Резервы у традиционных подходов при экстрагировании из зерен кофе практически исчерпаны.

Создан образец экстрактора на основе ВБДТ. Комбинированное электрофизическое воздействие в процессе экстрагирования позволяет интенсифицировать процесс массопереноса в несколько раз. Реализует интенсивные и мягкие режимы экстрагирования [5]. Степень извлечения компонентов из зерен повышается на 15 %. Обеспечивается атмосферное давление в аппарате, температура процесса не выше 100 °С. Энергетические затраты снижаются на 50 %. Опытные образцы растворимого жидкого 60 % концентрата кофе «ЖИКО» имеют высокие вкусовые характеристики [5].

В условиях коньячного производства прошли испытания экстрактора с электромагнитным интенсификатором. В различных режимах эксплуатации интенсивность массопереноса возростала в десятки и тысячи раз. Результаты испытаний подтвердили предложенный механизм комбинированного процесса экстрагирования и перспективность технологии. Дегустаторы отметили положительные структурные изменения в продукте, в первую очередь ароматических компонентов. Появляется возможность на наномасштабном уровне строить букет спирта.

Представляется, что механизмы бародиффузии способны существенно интенсифицировать процессы активации сырья и инактивации микроорганизмов [7]. Использование нанотехнологических подходов позволило получить чистую воду с содержанием солей менее 4 мг/кг [8], экологически чистый концентрат жидкого дыма [9].

Возможны и другие принципиальные решения при реализации ВБДТ в условиях микроволнового либо высокочастотного электромагнитного поля.

Изучением отдельных наномасштабных объектов (вирусов, клеток, белков и т.п.) в ОНАПТ занимаются уже десятилетия. Концепции самоорганизации, передачи и хранения биологической информации, молекулярного узнавания были сформулированы еще на этапах предыдущего развития наук. Но анализ этих проблем с использованием нанотехнологических подходов, расширение рамок проблемы до междисциплинарного уровня даст новый мощный импульс в исследованиях. Именно, благодаря серьезному фундаменту в понимании химических, микробиологических и биотехнологических явлений в пищевых системах, пищевые нанотехнологии имеют серьезные основания стать наиболее перспективной сферой современного этапа развития науки и технологий.

Литература

1. Рынок нано: от нанотехнологий к нанопродуктам /Г.Л.Азоев [и др.]; под.ред. Г.Л.Азоева.- М.: БИНОМ, 2011. - 319с.
2. Бурдо О.Г.Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008 – 244с.
3. Зайцев С.Ю. Супрамолекулярные наноразмерные системы на границе раздела фаз.- М.: ЛЕНАД, 2010-208с.
4. Бурдо О.Г. Наномасштабные эффекты в пищевых технологиях // Инженерно-физический журнал. Минск, т.78, № 1.-2005. - С.88-93.

5. Бурдо О. Г. Мікро – і нанотехнології – новий напрямок в АПК. Наукові праці. – Випуск 29. - Одеса: Одеська національна академія харчових технологій -2006.-С.3-9.
6. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе- вода».- Одесса, 2007.- 176с.
7. Бурдо О.Г.Эволюция сушильных установок – Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.
8. Бурдо О.Г., Рыбина О.Б. Процессы инактивации микроорганизмов в микроволновом поле – Одесса: Полиграф, 2010 – 200с.
9. Бурдо О.Г., Милинчук С.И., Мордынский В.П., Харенко Д.А. Техника блочного вымораживания – Одесса: Полиграф, 2011 – 294с.
10. Бурдо О. Г., Рибіна О.Б., Сталімбовская А.С. Энергетическая эффективность пищевых нанотехнологий. /Інтегровані технології та енергозбереження – Харьков: НТУ „ХПІ” 2006.–№2.
11. Бурдо О.Г. Нанотехнологии. Флагманские, перспективные и фундаментальные проекты в АПК //Наук. праці Од. націон. акад. харчових технологій. – Одеса: 2006. – Вип.28, Т2. – с.242-251.

УДК 669.04:66.021.04; 669.04:66.021.3

ТРАДИЦИОННЫЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПИНЧ-ПОТЕНЦИАЛ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ТЕТРАХЛОРИДА ТИТАНА

Ульев Л.М., д-р техн. наук, профессор, Сивак В.В., соискатель, Мельниковская Л.А., аспирант Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков, Государственное предприятие «Запорожский титано-магнєвий комбїнаї», г. Запорожье

Данная работа посвящена определению энергосберегающего потенциала в процессе очистки тетрахлорида титана с помощью классических методов пинч-анализа. Определена оптимальная величина движущих сил теплообмена в процессе и построены составные кривые технологических потоков. Актуальность темы обусловлена тем, что рост цен на энергию заставляет экономнее использовать энерго-ресурсы с тем, чтобы уменьшить удельные издержки производства.

The energy saving potential for titanium tetrachloride cleaning process with rectification method with simultaneous vanadium oxitrichloride production was defined in the paper with the help of classic pinch-analysis methods. The optimum value of ΔT_{min} for process was received and the process composite curves were built too. A theme is actuality, because a price advance on energy induces economy to utilize energy resources, to decrease general charges.

Ключевые слова: тетрахлорид титана, система потоков, теплообмен, пинч-анализ, составные кривые, утилиты, энергосберегающий потенциал.

Введение

В конце 80-х годов прошлого века Украина обладала действующими предприятиями всех переделов в производстве титана: горно-обогатительные комбинаты, производства диоксида титана и производство титановой губки, производство титановых слитков, производство проката и штамповки, а также производство порошковой металлургии. С распадом СССР сильно сократилось производство литья, а затем остановилось и производство титановой губки. И только несколько лет назад титановое производство Украины начало возрождаться, хотя экономический кризис последних лет снизил темпы возрождения, что характерно для мирового титанового рынка в целом. Украина обладает большими возможностями для повышения своей роли в мировой титановой промышленности. По некоторым оценкам запасы ильменита и рутила в Украине составляют 30 % от зафиксированных мировых запасов [1]. Но для выхода Украины в лидеры титанового рынка необходимо модернизировать все процессы производства титана, сократить издержки производства, и прежде всего, повысить его энергоэффективность.

Наиболее распространенным методом получения титана является восстановление тетрахлорида титана магнием или натрием (натрийтермический и магнийтермический методы, мало отличаются друг от друга). В результате восстановления образуется титановая губка с примесями магния и дихлоридами магния. Титановая губка может быть очищена от магния и хлорида магния, а также низших хлоридов титана гидрометаллургическим способом или вакуумной сепарацией.

Процесс получения четыреххлористого титана имеет четыре стадии: подготовка сырья, хлорирование, конденсация, очистка технического продукта. Наиболее трудноудаляемой примесью данного соединения является окситрихлорид ванадия. $VOCl_3$ появляется в техническом продукте в результате хлорирующего обжига титаносодержащего сырья.