

### Выводы

1. Исследован процесс совместного получения диоксида кремния и тепловой энергии из отходов рисового производства на математической модели.
2. Определено, что при увеличении значения начальной температуры теплоносителя от 873К до 1273К, при прочих равных условиях, время полного превращения РШ в целевой продукт снижается от 1400 сек до 270 сек.
3. Показано, что время прогрева частицы РШ до заданной температуры сокращается в 2 раза при изменении значения  $T_{г0}$  от 873 до 1273К.
4. Установлено, что изменение скорости теплоносителя происходит в 3 стадии: на 1 стадии - за счет передачи им кинетической энергии от теплоносителя, на 2 и 3 стадиях – за счет ступенчатого изменения массы частицы и количества газовой фазы.
5. Изменение массы частицы проходит в 2 стадии, что объясняется химизмом процесса термообработки РШ.
6. Определено, что при увеличении начальной температуры теплоносителя от 873К до 1273К количество тепловой энергии увеличивается от  $17 \cdot 10^6$  до  $21 \cdot 10^6$  Дж/кг и сокращается время образования тепловой энергии от 1400 до 270 сек.

### Литература

1. Айлер Р. Химия кремнезема, ч.1. пер. с англ. Москва: Мир.- 1982 – 416с
2. Получение ферритовых порошков в потоках высокотемпературных теплоносителей / [Пархоменко В.Д., Сорока П.И., Голубков Л.А., Липатов П.В.]; - Киев : Наук. думка, 1988. - 152с
3. Моделирование процесса получения аморфного диоксида кремния и тепловой энергии из отходов рисового производства / Гура Д.В., Сорока П.И. // Наукові праці Одеської Нац. академії харчов. технологій. - 2011. - Т.2. №39. - С.215-219.
4. Исследование кинетики процессов получения кремнийсодержащих соединений из рисовой шелухи / Гриднева Т.В., Белая А.А., Сорока П.И., Тертышный О.А., Волкова С.А. // Наукові праці Одеської Нац. академії харчов. технологій. - 2010. - Т.2. №37. - С.4-8.

УДК 66.045.1

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ СПИРТОВОЙ БАРДЫ

Товажнянский Л.Л., д-р техн. наук, профессор  
Капустенко П.А., канд. техн. наук, профессор  
Бухкало С.И., канд. техн. наук, профессор  
Арсеньева О.П., канд. техн. наук, доцент

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков

*Рассмотрены основные требования к процессам производства этилового спирта, отмечено, что обеспечить эти требования в наиболее принятом объеме возможно с применением пластинчатых теплообменников. Определены перспективы интеграции современных пластинчатых аппаратов в схемы энергосберегающих решений.*

*The main demands to ethyl alcohol production looked through, it was considered that plate heat exchanger. The possibility of using the advantages of modern plate units for their energy saving process integration was pointed out.*

**Ключевые слова:** пищевые технологии, энергетическая эффективность, интенсификация процессов утилизации спиртовой барды, пластинчатые теплообменники.

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями.** Производство этилового спирта продолжает неуклонно расти, так как более 150 отраслей промышленности применяет его для различных целей. Экономичность производства спирта определяется затратами различных видов энергии, энергоэффективностью используемого оборудования и технологий, ресурсо- и энергосбережением, а также разработкой экологически чистых энерготехнологий. Поэтому на первый план выходит создание энергосберегающих технологий и, прежде всего, максимальной утилизации тепловой энергии. Утилизация спиртовой барды, помимо важного экономического эффекта, имеет

также большое экологическое значение. Практически все спиртовые заводы за рубежом имеют отделение по утилизации барды, продуктом производства которого является сухой кормовой продукт. Зерновая, картофельная или меласная барда отличаются по своему составу и по концентрации и номенклатуре сухих веществ, и, следовательно, по кормовой ценности. В среднем на 1 дал спирта из зерна или картофеля обычно получают 0,14 м<sup>3</sup> барды. В 1 т такой барды содержится 18,6 кг сырого протеина, который при обработке превращается в протеин дрожжей, и с учетом азота, вводимого в корма, содержание перерабатываемого животными протеина увеличивается в два раза.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма. Перевозить непереработанную барду невыгодно: большой объем жидкости и довольно низкое содержание ценных веществ делает транспортировку этих отходов нерентабельной. Предлагаемые технологии переработки барды можно условно разделить на четыре основные технологические схемы с: выпарными станциями; аэробной микробиологической переработкой жидкой фазы с получением кормовых дрожжей; метантанками с получением биогаза и комбинированные схемы. В основу комбинированных технологических схем положены известные и уже успешно зарекомендовавшие себя технологические приемы – разделение жидкой и твердой фазы на центрифугах, выращивание кормовых дрожжей на субстрате, сушка продукции [1 – 3]. Технологические схемы с выпарными станциями связаны с упариванием фугата в выпарных станциях являются самыми распространенными в мире. Привлекательная простота технического оформления не снимает, однако, проблем: стоимость выпарных станций и вспомогательного оборудования достаточно высока, процесс выпарки требует значительных энергетических затрат, а утилизация получаемого конденсата становится отдельной задачей, решение которой внутри технологии не заложено. Схемы с получением кормовых дрожжей связаны с тем, что уже со второй половины XX века в качестве кормовой добавки в животноводстве стали широко применяться кормовые дрожжи. Они существенно повышают биологическую ценность кормов, прежде всего за счет содержащихся в них незаменимых аминокислот и витаминов. В настоящее время получение кормовых дрожжей ограничено мелкими местными производствами в различных хозяйствах. Существенное снижение стоимости оборудования с одновременным снижением эксплуатационных затрат при переработке послеспиртовой барды, по мнению ряда авторов, можно получить, если применить вместо выпаривания технологию аэробной микробиологической переработки жидкой фазы с получением концентрированных кормовых дрожжей. Технология переработки барды на биогаз основана на анаэробном брожении: барда подается в специальные емкости, в которые вводятся анаэробные бактерии. Однако, в данном способе переработки барды необходимы огромные метантанки, т.к. процесс переработки барды анаэробными бактериями крайне медленный. Другим недостатком метода является весьма длительный период выхода на режим – до 6 месяцев. Комбинированная технологическая схема переработки барды разработана сравнительно недавно, она предусматривает переработку послеспиртовой барды в сухой дрожжевой кормовой концентрат – смесь твердой фазы барды, с выращенными на основе фугата кормовыми дрожжами. Предложенная схема позволяет в значительной степени экономить энергоресурсы в процессе переработки барды. Помимо производства сухого концентрата барды в некоторых случаях выгодно получать сгущенную барду, которая может транспортироваться на значительные расстояния. При этом сгущенная меласная барда используется как высококачественное удобрение. Реализация этого процесса очень эффективна при использовании пластинчатых выпарных аппаратов различной мощности.

**Формулировка целей статьи.** Основная цель проведенных исследований – анализ возможностей ресурсо- и энергосбережения производства этилового спирта и, в частности, максимального использования сухих веществ спиртовой барды, а также выделение жидкой ее части для возвращения на производство в технологический цикл, снижение стоимости утилизации спиртовой барды и интенсивности образования накипи на поверхности оборудования, повышение экологической безопасности производства и окружающей среды в целом.

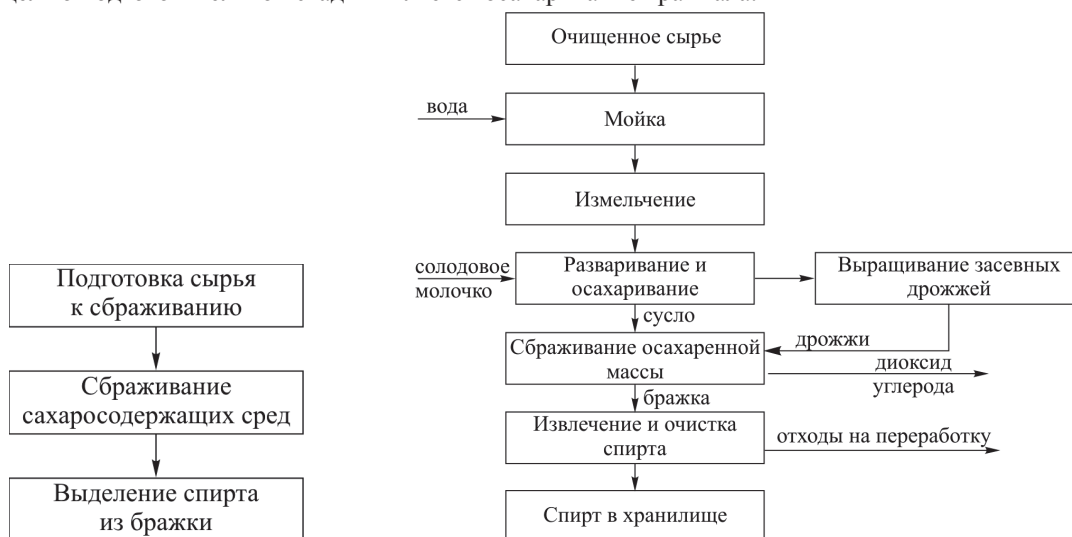
**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья.** Следует подчеркнуть, что с одной стороны, барда, благодаря содержанию клетчатки, углеводов, белка и микроэлементов, является вторичным сырьевым ресурсом для производства кормов для животных и других полезных продуктов, а с другой стороны, барда – это отходы, вызывающие загрязнение окружающей среды, которые запрещается сбрасывать в водоёмы или в канализацию без предварительной переработки. В настоящее время на большинстве спиртовых заводов мира барду тем или иным образом перерабатывают, в основном на корма [1 – 5]. Иногда её используют в качестве корма в непереработанном виде, но это неудобно, так как барда очень недолго хранится, а перевозить её невыгодно. Необходима разработка новых технологических решений основным достоинством которых будут следующие показатели: экономное потребление энергии; улучшение качества продукта; простота в обслуживании и надежность в эксплуатации; максимальная качественная переработка сухих веществ послеспиртовой барды т.д.

**Изложение основного материала исследований.** Технология спирта согласно современной номенклатуре относится к биотехнологии и ее можно рассматривать как методы и процессы переработки различных видов сырья в конечный продукт заданного качества [4, 5]. К сырью спиртового производства относят крупнотоннажные растительные материалы, содержащие в достаточном количестве один из указанных компонентов сырья: 1) крахмал – клубни картофеля и зерна злаков; 2) сахар – корни сахарной свеклы, плоды фруктовых растений и винограда; 3) отходы производства сахара – меласса и отходы виноделия, а также другие виды отходов. Барда – основной отход производства этилового спирта, во много раз превосходящий выход продукта, утилизация которой, особенно в летнее время, является серьезной экологической и экономической проблемой. Свежая послеспиртовая барда представляет собой водную суспензию с небольшим количеством растворённых и взвешенных сухих веществ: в ней содержится 6 – 8 % сухих веществ, из которых 3 – 4 % составляют растворённые вещества, а остальное – нерастворимые взвешенные частицы. В процессе получения спирта в барде остаются почти все, за исключением крахмала и сахаров, питательные вещества, присутствующие в исходном сырье, поступающем в спиртовое производство, вследствие чего барда представляет собой весьма ценный пищевой и кормовой продукт независимо от вида используемого сырья (табл. 1).

**Таблица 1 – Расход сырья для выработки спирта и его кормовая ценность**

Вид сырья	Выход спирта из единицы сырья, дал/т	Кормовая ценность сырья, 1 кг кормовых единиц	Выход барды, дал/дал спирта	Кормовая ценность барды, 1 кг кормовых единиц
Картофель	9,8	0,30	12,0	0,04
Сахарная свекла	9,0	0,26	12,0	0,04
Пшеница	36,0	1,20	12,0	0,09
Кукуруза	37,5	1,34	12,0	0,12
Рожь	35,4	1,18	12,0	0,08
Ячмень	29,8	1,21	12,0	0,09
Меласса	31,0	0,77	11,0	–

Для утилизации барды спиртового производства в настоящее время используют два основных способа: 1) выпаривание (сгущение) с целью получения кормовых концентратов; 2) в качестве сырья для производства кормовых дрожжей. Эти способы дают отходы с содержанием сухих веществ до 8 %, которые также необходимо утилизировать. Вне зависимости от применяемого сырья технологический процесс получения этилового спирта включает три основные стадии (рис. 1). Подготовительная стадия наиболее проста при переработке в этиловый спирт сахаросодержащих материалов. В Украине спирт из такого вида сырья в основном получают из мелассы. При использовании крахмалосодержащего сырья (рис. 2) целью подготовительной стадии является осахаривание крахмала.



**Рис. 1 – Функциональная схема техно-логического процесса получения спирта**

**Рис. 2 – Функциональная схема технологии переработки крахмалосодержащего сырья в спирт**

Правильный подбор высокоэффективного теплообменного оборудования во многом определяет производительность и экономичность процесса в целом. В производстве спирта нашли свое применение большинство типов теплообменных аппаратов: традиционные разборные и паяные, разборные ширококанальные, спиральные, пластинчатые испарители и конденсаторы.

Наиболее эффективным и современным является непрерывно-поточный способ, который повышает производительность бродильного отделения, способствует задерживанию развития инфекции в массе и удлиняет срок работы бродильной батареи между профилактическими стерилизациями оборудования (рис. 3).



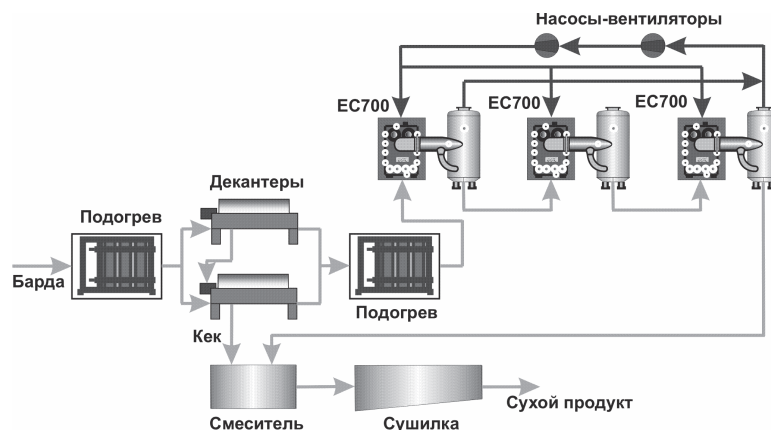
**Рис. 3 – Схема установки теплообменников в процессе непрерывно-поточного метода ферментации**

Следует отметить, что пластинчатые и спиральные теплообменники в противоположность применяемым кожухотрубным или теплообменникам «труба в трубе» обладают целым рядом важнейших преимуществ: работают с минимальной разностью температур теплоносителей и более высоким коэффициентом теплопередачи; высокой стойкостью к образованию отложений и загрязнений, что позволяет работать без необходимости частых остановок на промывку и техническое обслуживание; намного меньшим количеством производственных площадей для размещения, монтажа и обслуживания. Последнее обстоятельство особенно важно в технологической цепочке производства спирта, так как позволяет устанавливать и монтировать теплообменники на уровне вершин дистилляционных колонн. В процессе ферментации в бродильном аппарате (ферментере) происходит выделение тепла. Для обеспечения максимальной производительности установки необходимо охладить субстрат (бражку) до оптимальной температуры, поддерживающей высокую активность дрожжевых клеток. Обычно головные бродильные аппараты и три последующих дображивателя снабжены змеевиками или выносными теплообменниками (двустенные сосуды) для отвода тепла. В остальных дображивателях охлаждение бражки не производится. Именно на этой позиции целесообразно применение ширококанальных или спиральных теплообменных аппаратов, что обеспечивает следующие преимущества в сравнении с традиционными методами охлаждения: существенный рост производительности; возможность точного контроля температуры реакции в бродильном аппарате и управления температурой; один теплообменник может последовательно обслуживать два бродильных аппарата. Наиболее рационально отводить избыточное тепло путем рециркуляции части дрожжевого сусла через пластинчатый теплообменник.

Наиболее сложный и энергоемкий процесс дистилляции или перегонки бражки и ректификации спирта. Зрелая бражка, содержащая 8–10 % спирта, перекачивается в брагоперегонный аппарат. С энергетической точки зрения на этой стадии процесса с помощью пара этанол отделяется от воды, неферментируемых веществ и продуктов вторичной ферментации. Конечный продукт работы брагоперегонного аппарата – получение спирта сырца и барды, содержащей все экстрактивные элементы и твердые взвешенные вещества. На всех позициях этого отделения технологической схемы с успехом используются пластинчатые теплообменники. При этом, благодаря своим достоинствам, таким, как малый объем занимаемого пространства, высокая производительность и простота обслуживания, они эффективно и стабильно работают при конденсации спиртового пара из промывных, ректификационных и дегидрационных колонн. Для охлаждения, конденсации спирта и ректификата, а также перегрева пульпы применяются традиционные разборные или паяные теплообменники. В качестве испарителей также используются пластинчатые выпарные аппараты, обладающие высокой производительностью.

Для сгущения барду упаривают на выпарных станциях до концентрации 65–70 %, в зависимости от содержания сухих веществ в исходном продукте. Для реализации этой технологии как нельзя удачно подходят выпарные станции на основе пластинчатых выпарных аппаратов. Более подробно схема первой

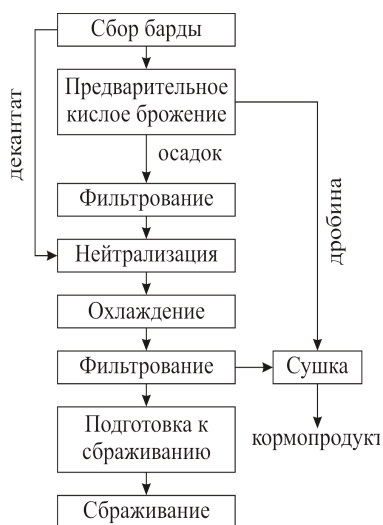
стадии переработки барды, а именно разделение ее на дисперсную фазу (фугат) и осадок (кек), представлена на рис. 4, разделение или отфуговывание производится при помощи декантерных центрифуг.



**Рис. 4 – Схема отделения и утилизации послеспиртовой барды с использованием декантерных центрифуг и пластинчатых выпарных аппаратов**

Последняя стадия обработки послеспиртовой барды – сушка. Технологическая схема получения сухого продукта выглядит следующим образом: послеспиртовая барда с концентрацией сухих веществ, примерно 7,5–8,0 % вначале подается на разделительное сито, где часть ее фильтруется и далее используется для приготовления замеса; густая часть после отфильтрованной барды и нефильтрованная барда сливаются в сборник, и насосом смесь подается на участок центрифугирования; перед центрифугированием барда может быть нагрета в обычном пластинчатом разборном теплообменном аппарате и далее подается на декантерные центрифуги (или центрифуги другого типа), после чего отфугованная часть барды с центрифуг (кек) направляется в сушилку, а фугат после центрифуг сливается в сборник; после этого фугат подогревается в пластинчатом паровом теплообменном аппарате до температуры кипения и подается в первую ступень выпарной станции; после прохождения всех ступеней выпарной станции сгущенная примерно до 40 % барда направляется на сушку. Иногда технологически не предусматривают обработку на разделительном сите. В этом случае часть фильтрата барды (до 40 %) возвращается на приготовление замеса варочного отделения после центрифугирования.

Следует помнить, что белки это высокомолекулярные вещества природного происхождения, состоящие из соединенных амидной связью остатков аминокислот. Исходная (нативная) зерновая барда имеет кислую реакцию, высокую температуру, а около 1 % от общей массы барды взвешенные вещества в виде дробины – остатками частичек зерна и солода, представляют собой коррозионно-абразивную среду, которая при движении интенсивно разрушает трубопроводы и технологические аппараты.



**Рис. 5 – Функциональная схема обработки барды**

В отстоявшейся жидкой фазе барды находятся взвешенные вещества в виде мелкодисперсных и коллоидных взвесей, с размером до  $1\div 2$  мкн, а также растворенные продукты кислого брожения, аминокислоты, растительный жир и безазотистые экстрактивные вещества в количестве до 50 % от общей массы всех органических веществ, содержащихся в барде. Значения pH, при котором молекула аминокислоты находится в растворе в виде биполярного иона (коллоидной частицы с минимумом растворимости), называется изополярной точкой. Для перевода истинно растворенных аминокислот во взвешенное коллоидное состояние возможно предварительное подщелачивание исходной барды до  $pH = 6$  – изопотенциальной точки  $\approx 50$  % всех растворенных аминокислот. После предварительного кислого брожения, извлечения дробины и последующей нейтрализации до  $pH=6,0$  жидкая фаза барды охлаждается до температуры, регламентированной процессами. Кек, влажностью 40÷50 %, далее направляется на сушку, при этом необходимо учитывать, что белки деструктируют при температуре более 82 °С. Способ концентрирования спиртовой барды может быть использован при утилизации стоков спиртового производства. Известны способы утилизации барды в кормовые дрожжи, бетаин, глютаминовую



кислоту, бардяной уголь [6], а также способ обработки аммиаком сточных вод мяясной барды к pH 8–10 и получением осадка фильтрованием [7] и прочие. Наиболее близким аналогом к способу (рис. 5), который предлагается нами, по технической сути и результатам, которых достигают есть способ концентрирования мяясной последрожевой барды перед упариванием при обработке раствором каустической соды [8]. Способ концентрирования спиртовой барды, который предлагается нами, проводят таким образом. Спиртовую барду с количеством сухих веществ 4,5 % по массе, при pH 4,0 обрабатывают химическим реагентом – оксидом кальция, который используют для осаждения сухих веществ барды, предварительно его измельчают и просеивают для удаления нерастворимых веществ, а дальше вводят в спиртовую барду в количестве 1,0 % от ее массы до достижения показателя pH среды 7,0 при температуре 65 °С. Проведение процесса концентрирования при таких условиях приводит к коагуляции белковых соединений, которые образуют с гидроксидом большие конгломераты, которые осаживают другие полезные вещества спиртовой барды.

Использование для химической обработки нелетучих химических реагентов не создает вредных условий на производстве и повышает экологическую безопасность способа. Способ концентрирования сухих веществ спиртовой барды позволяет максимально осадить вещества разного происхождения ее среды (табл. 2) и привести уровень pH среды к показателю 6,0 – 8,0.

**Таблица 2 – Показатели спиртовой барды после завершения стадии предефеккации**

Количество добавки	Показатель спиртовой барды после химической обработки	
	Сухие вещества, % от массы	Водородный показатель, pH
0,5	до 3,0	6,0
1,0	до 2,0	7,0
1,5	до 2,0	8,0

Обработка спиртовой барды химическим реагентом при pH среды ниже 6,5 не обеспечивает коагуляции белковых соединений и образование осадка гидроксида кальция; уровень pH среды выше 7,0 приводит к дополнительным затратам химического реагента и отрицательно влияет на оборудование, а также с точки зрения экономических показателей является нерентабельным. В результате сравнительных испытаний способа, который предлагается, по вышеуказанным показателям, было выбрано для стадии предефеккации количество химической добавки 1 % от массы барды, которая позволяет получить высокие результаты на спиртовом производстве (таблица 3).

**Таблица 3 – Сравнительные показатели спиртовой барды**

Показатель барды	Спиртовая барда		
	Исходная	Фугат без химической обработки	Фугат после химической обработки
Сухие вещества, % от массы	4,5 – 8,0	до 4,0	до 2,0
Водородный показатель (pH)	4,0 – 4,5	4,0 – 4,5	7,0

Как видно из результатов лабораторных и промышленных испытаний, количество сухих веществ в спиртовой барде после химической обработки уже на стадии предефеккации уменьшается от 4,5 до 2,0 % по массе. Одновременно такая химическая обработка позволяет избежать больших энергетических затрат на проведение сложной стадии выпарки в технологическом регламенте за счет исключения ее из технологической схемы производства. При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных технологических операций в процесс, а наоборот упрощают его аппаратное оснащение и уменьшают количество стадий на производстве. Полученные показатели по сухому остатку барды показывают, что возможно использовать жидкость-фильтрат – воду, например, после мембранной очистки в качестве воды для технологического цикла.

**Выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления.** Таким образом, определены перспективы интеграции современных пластинчатых аппаратов в схемы энергосберегающих решений с учетом предлагаемого способа усовершенствования концентрирования сухих веществ спиртовой барды. Этот способ позволяет максимально осадить вещества разного происхождения среды барды, ее разделением после обработки, на осадок и жидкость, т.е., возможно получить кормовую добавку и воду для технологического цикла.

При сравнении значений показателя сухого остатка способа концентрирования спиртовой барды с известными, видно, что эти значения значительно лучше и не нуждаются во введении дополнительных

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