

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ  
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



**ОДЕСА**  
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

Одеська національна академія харчових технологій, 2017 р.

## МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

**Єгоров**  
*Богдан Вікторович*  
**Бурдо**  
*Олег Григорович*  
**Атаманюк**  
*Володимир Михайлович*  
**Васильєв**  
*Леонард Леонідович*  
**Гавва**  
*Олександр Миколайович*  
**Гумницький**  
*Ярослав Михайлович*  
**Долинський**  
*Анатолій Андрійович*  
**Зав'ялов**  
*Владимир Леонідович*  
**Керш**  
*Владимир Яковлевич*  
**Колтун**  
*Павло Семенович*  
**Корнієнко**  
*Ярослав Микитович*  
**Малежик**  
*Іван Федорович*  
**Михайлов**  
*Валерій Михайлович*  
**Паламарчук**  
*Ігор Павлович*  
**Снежкін**  
*Юрій Федорович*  
**Сорока**  
*Петро Гнатович*  
**Тасімов**  
*Юрій Миколайович*  
**Товажнянський**  
*Леонід Леонідович*  
**Ткаченко**  
*Станіслав Йосифович*  
**Ульєв**  
*Леонід Михайлович*  
**Черевко**  
*Олександр Іванович*  
**Шит**  
*Михайл Львович*

- голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор  
- вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор  
- Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор  
- Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н., професор  
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор  
- Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор  
- Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ  
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор  
- Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор  
- Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.  
- Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор  
- Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор  
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н., професор  
- Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор  
- Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ  
- Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор  
- Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України  
- Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор  
- Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор  
- Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор  
- Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н., професор  
- Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

### **Выводы**

Исследуемый образец экструдированного ядра подсолнечника богат белками, усвояемыми углеводами, содержит незаменимые жирные кислоты, витамины, макро и микроэлементы, т.е. обладает высокой пищевой и биологической ценностью, что позволяет использовать его в качестве пищевого ингредиента при разработке рецептур продуктов питания, в том числе кондитерских изделий с повышенной пищевой ценностью. Высокая водо- и жиросодержащая, а также жироземлюлирующая способности безлузгового экструдированного ядра семян подсолнечника обуславливают эффективность его использования в качестве пищевого ингредиента, обладающего структурирующим, стабилизирующим и эмульгирующим свойством. Введение экструдированного ядра семян подсолнечника в состав пищевых систем, характеризующихся пластическими свойствами, таких, как кондитерские массы, обеспечит, наряду с повышением пищевой ценности, формирование необходимых структурно-реологических свойств, а также придаст продукту новое качество, что позволяет отнести его к низкоаллергенным, безглютеновым продуктам. Перспективой дальнейших исследований является выбор оптимальных режимов экструдирования и последующей термической обработки с целью минимизации энергозатрат и сохранения высокотехнологических свойств.

### **Литература**

1. Позняковский П.М. Гигиенические основы питания, качество и безопасность пищевых продуктов / – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. – 556 с.
2. Савенкова Т.В. Стратегия инновационного развития кондитерской отрасли. Пищевые ингредиенты и быстрые продуктовые инновации / Т.В. Савенкова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2013. – № 1. – С. 44–47.
3. Резниченко И.Ю. Методология проектирования кондитерских изделий функционального назначения / И.Ю. Резниченко, Ю.А. Алёшина, А.И. Галиева, Е.Ю. Егорова // Пищевая промышленность. – 2012. – № 9. – С. 28–30.
4. Gerasimenko E.O. Prospects of the "Green" Technologies of the Complex Processing Of Sunflower Seeds / E.O. Gerasimenko, E.A. Butina, S.A. Kharchenko, E.P. Achmiz, O.S. Vorontsova // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – March – April- №7(2). – P.609-623.
5. МР 04-38-2009 Система капиллярного электрофореза Капель®. Определение протеиногенных аминокислот в комбикормах и сырье.
6. Игнатъев А.Д., Исаев М.К., Долгов В.А. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрагименапириформис // Вопросы питания. 1980. № 1, С. 70-71.
7. Щербаков В.Г. Лабораторный практикум по биохимии и товароведению масличного сырья / В.Г. Щербаков, С.Б. Иваницкий, В.Г. Лобанов. – М.: Колос, 1999. 128 с.

УДК: 628.16.045.5–047.58:628.165

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ**

**Тришин Ф.А к.т.н, Трач А.Р. магистр, Орловская Ю. В. аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий**

## **IMPROVEMENT OF ENERGY-EFFICIENCY OF ICE BLOCK FORMATION PROCESS IN ULTRASONIC FIELD**

**Trishin F. A., PhD, Trach A. R., master, Orlovskaya Yu. V., postgraduate student  
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa**

**Аннотация:** Исследование процесса теплопередачи в реальных условиях сопряжено с большими трудностями, вследствие сложности и нестационарности процессов, поэтому важность приобретает теоретический анализ и построение моделей. Было проведено численное моделирование влияния пористости на процесс кристаллизации, установлено, что пористость блока льда является значительным фактором, влияющим на формирование двухфазного слоя. Приведены энергетические и конструктивные преимущества вымораживающих установок блочного типа. Подтверждено



превосходство блочного вымораживания с применением ультразвука над другими методами очистки воды.

**Abstract:** In the world 5000 km<sup>3</sup> of fresh water are used every year. This amounts to 11% of the annual runoff of all rivers in the world. More than half of the world's future population will have been affected by severe water shortages by 2050. Such prospects significantly increase the importance of water purification. There is a growing interest in the technologies of block freezing for water cleaning. Systems of this type are characterized by simplicity of design, compactness, and energy efficiency. Due to its principle, block freezing eliminates systemic losses of cold. Since the efficiency of the process directly depends on the quality of its management, there arises a problem of controlling the processes of heat transfer with directional crystallization. In the real world, it is hard to conduct researches of heat transfer process due to its complexity and nonstationarity. That is why theoretical analysis and theoretical models are critically needed. In an ideal thermophysical conditions, the directional crystallization process must take place when the substrate is grown with zero porosity. Any methods of intensification can lead to an increase of the rate of freezing, however it will be accompanied by a porous structure formation. During the crystallization process, temperature, concentration, and porosity of each layer of the substrate are changed, so it is problematic to find an analytic solution to the problem. During the current study, the numerical model of the heat transfer process was obtained. It was found that the porosity of the ice structure has a significant effect on the processes of heat and mass transfer. It was decided to study the process of freezing in the ultrasonic field. The experiments were carried out using an ultrasonic generator. It was found that the optimum temperature was observed when ultrasound has the frequency of 20 kHz. At the higher frequency, the water temperature rises. By solving the equations of material balance, a formula for determining the porosity of the ice block was obtained. Thus, the optimization task is to find the regimes and methods with which the necessary efficacy of ice formation can be achieved. At the same time, acceptable parameters for the density of the ice crystals must be present.

**Ключевые слова:** моделирование, кристаллизация, пористость, концентрация, температура, теплопередача, перколяция, фракталы.

**Keywords:** modeling, crystallization, porosity, concentration, temperature, heat transfer, percolation, fractals.

**Анализ источников.** Ежегодно в мире расходуется 5000 км<sup>3</sup> пресной воды, или 11% годового стока всех рек мира. Доступные природные ресурсы пресной воды крайне неравномерно размещены на нашей планете, значительная часть крупнейших рек мира протекает в малонаселенных регионах. В густонаселенных областях относительно немного больших рек, и их воды интенсивно используются. Все это усложняет водоснабжения человечества, на текущий момент примерно одна треть населения Земли испытывает дефицит пресной воды [1].

К 2025 году в связи с ростом численности населения, ситуация существенно ухудшится. Такие перспективы значительно повышают важность очистки воды. До сих пор основным методом очистки воды остается ее дистилляция, однако энергетическая эффективность такого метода не слишком высока. В связи с этим широко распространяются альтернативные способы очистки воды [2,3]. Возрастает интерес к использованию низкотемпературных технологий водоподготовки, и, в частности, к технологиям блочного вымораживания. Для установок этого типа характерны простота конструкции, компактность и энергетическая эффективность. Принцип блочного вымораживания устраняет системные потери холода, которые характерны для традиционных установок криоконцентрирования [4,5].

### Формулировка проблемы

Физике процесса опреснения вымораживанием удачно соответствуют установки блочного типа (рис. 1).

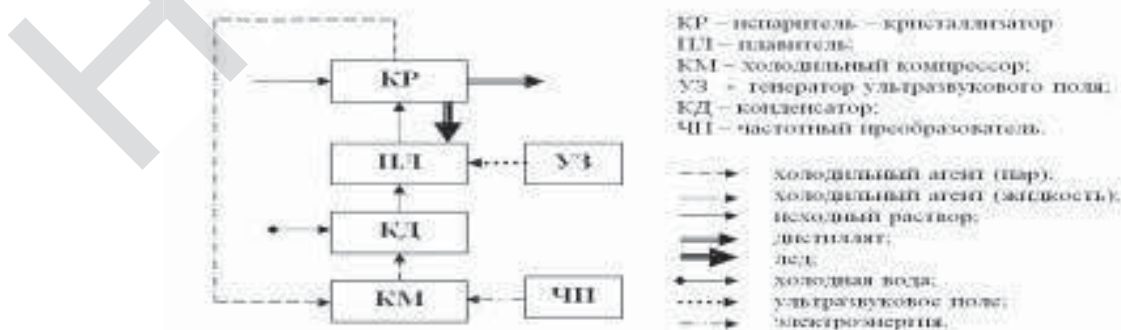


Рис. 1. Аппаратурно-процессовая схема установки блочного вымораживания.

Схема работы выглядит следующим образом. Из раствора на кристаллизаторах формируется блок кристаллов льда, после чего оставшийся раствор удаляется из концентратора. Образовавшийся блок льда отделяется от кристаллизатора и осуществляется гравитационное сепарирование. Непродолжительное оттаивание сопровождается плавлением тонкого поверхностного слоя блока, образовавшаяся при этом вода смывает раствор соли из капиллярных объемов и с поверхности блока. Далее производится расплав льда и получение очищенной воды. Теплота плавления льда используется в холодильном цикле для снижения температуры холодильного агента перед дросселированием. Таким образом, можно обеспечить непрерывный процесс опреснения, процесс легко механизировать, им просто управлять. В качестве охлаждающей среды можно использовать холодильный агент или холодный воздух из окружающей среды [6].

Исходные входные потоки (рис.1) соответствуют параметрам водопроводной воды. На выходе задается допустимая концентрация солей в дистилляте.

Техническая идея схемы состоит в использовании рециклинга льда и частотного преобразователя для регулирования холодильной производительности машины. Система должна эффективно работать как в первом цикле (при запуске установки при отсутствии льда в плавителе), так и в последующих циклах, когда происходит плавление льда. Возврат энергии льда в холодильный цикл может существенно снизить затраты энергии. Но для этого необходимо изменить характеристики компрессора, что предлагается осуществлять с помощью частотного преобразователя. Уменьшение холодильной мощности с помощью регулирующего вентиля является простым и удобным способом, но с энергетической точки зрения этот принцип не эффективен. Использование в схеме частотного преобразователя является более дорогим решением, но позволяет плавно перестраивать холодильную машину на необходимую мощность при максимальной энергетической эффективности. Особенно важно иметь такую возможность в рассматриваемой схеме с рециклингом льда, где следует реагировать на тепловые режимы плавителя.

Поскольку эффективность процесса напрямую зависит от качества управления им, возникает проблема управления процессами теплопередачи при направленной кристаллизации. Исходя из требований энергоэффективности, исследование методик управления процессом теплопередачи при направленной кристаллизации представляет большое научное и практическое значение для решения проблем обеспечения чистой водой. Исследование процесса теплопередачи в реальных условиях сопряжено с большими трудностями, вследствие сложности и нестационарности процессов, поэтому важность приобретает теоретический анализ и построение моделей.

#### Цель работы

В данной работе рассмотрим подходы к аналитическому и экспериментальному моделированию процесса вымораживания, а также возможные принципы влияния на пористость и на процесс вымораживания.

#### Результаты математического моделирования

При направленной кристаллизации (рис. 2) на горизонтальной поверхности 1, температура которой ниже криоскопической температуры, формируется подложка в виде твердой фазы 2. Ниже растет двухфазный слой 3, состоящий из льда и раствора. Поверхность двухфазной зоны и раствор 5 разделяет пограничный слой 4. Управление процессом направленной кристаллизации основано на обеспечении необходимых условий формирования двухфазного слоя. Разность температур раствора и поверхности 1 определяют плотность теплового потока  $q$  и массовый поток льда  $M_L$ . Сложность моделирования процессов по схеме (рис.2) обусловлена не только фазовыми переходами, но и изменением по высоте слоя структуры двухфазного слоя. Нельзя игнорировать градиенты температур, концентраций и пористости по высоте слоя. Более того, эпюры этих параметров имеют нелинейный характер. От величины температуры в точке зависит концентрация раствора и пористость, а эти параметры определяют термическое сопротивление, т.е. производительность по росту льда и распределение температур в слое. Таким образом, задача является нелинейной, нестационарной и осложненной фазовыми переходами [7,8].

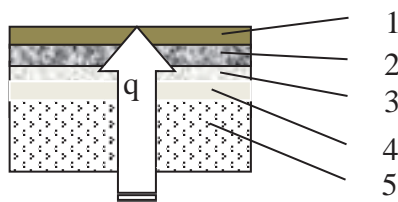


Рис.2. Физическая модель процесса вымораживания.

В идеальном теплофизическом представлении процесс направленной кристаллизации должен проходить при выращивании подложки с нулевой пористостью. Такой консервативный способ управления процессом должен протекать при минимальной разнице температур, практически при криоскопической температуре. Теоретически обеспечится нулевая пористость, однако скорость формирования блока льда будет бесконечно низкой. Любые методы интенсификации приведут к росту скорости кристаллизации, но ценой получения пористой структуры. При расчете установок блочного вымораживания необходимо знание о влиянии пористости на процесс очистки воды. Поэтому экспериментальные исследования пористой структуры представляют большой интерес.

Поскольку найти аналитическое решение проблемы достаточно проблематично, логичным кажется провести численное моделирование процесса кристаллизации.

В процессе кристаллизации температура ( $t_p$ ), концентрация ( $X_p$ ) и пористость ( $\varepsilon$ ) каждого среза слоя меняются, в зависимости от толщины слоя ( $h$ ), поэтому:

$$\lambda_e(h) = \varepsilon(h) \cdot \lambda_p(t, X_p) + (1 - \varepsilon(h)) \cdot \lambda_d(t) \quad (1)$$

Используя формулу (1) и учитывая, что значение  $\varepsilon$  изменяется по линейному закону, получим семейство графиков, представленное на рисунке 3.

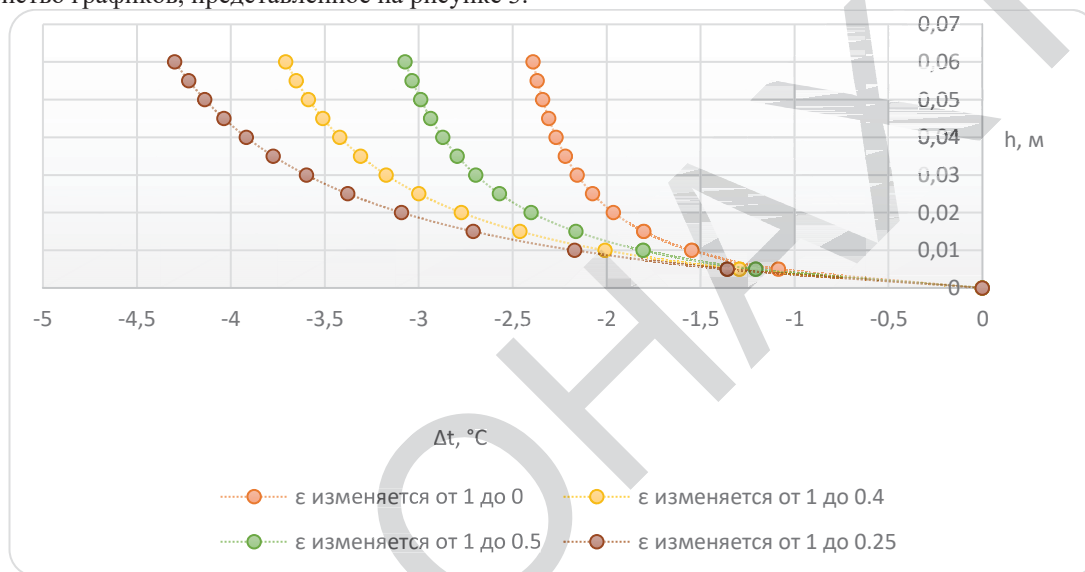


Рис. 3. Графики изменения температуры по высоте канала.

По приведенным графикам можно сделать вывод, что возможность эффективного воздействия на процесс кристаллизации во многом определяется достоверностью представлений о строении пористой структуры льда, поэтому актуальной является задача моделирования этой структуры и определение ее влияния на процессы тепло- и массообмена. Как показывает обзор литературы, эта проблема еще не решена в полной мере, потому было принято решение провести экспериментальное моделирование процесса вымораживания воды.

Предполагается организация локального воздействия ультразвуковым генератором на поверхность фазового контакта «лед-вода», что позволит осуществлять формирование блока льда с плотной упаковкой кристаллов, а на стадии сепарирования — более эффективную эвакуацию растворов из пористого объема блока льда. Блок льда — это своеобразная система с порами (капиллярами), при воздействии ультразвука молекулы незамерзшего солевого раствора расшатываются, и облегчается их выход из пористой структуры блока, это теоретически позволяет значительно сократить время сепарирования.

Исходя из результатов математического моделирования, пористость оказывает значительное воздействие на тепло- и массообмен в процессах кристаллизации и сепарирования. В работе формулируется гипотеза, что организация процессов кристаллизации в условиях воздействия ультразвукового поля будет способствовать более плотной упаковке кристаллов льда в блоке, а, следовательно, к уменьшению пористости. Это станет предпосылкой для более качественного разделения раствора.

**Результаты экспериментальных исследований.** С помощью блочной вымораживающей установки с ультразвуковым генератором был проведен ряд опытов исследующих влияние мощности, частоты и положения ультразвукового излучателя на процесс блочного вымораживания (рис. 4,5).

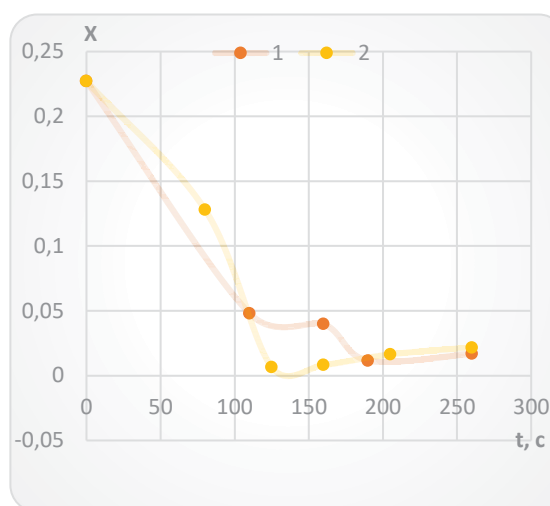


Рис. 4. Влияние ультразвука на солесодержание в стоках: 1 – без ультразвука, 2 – с применением ультразвука.

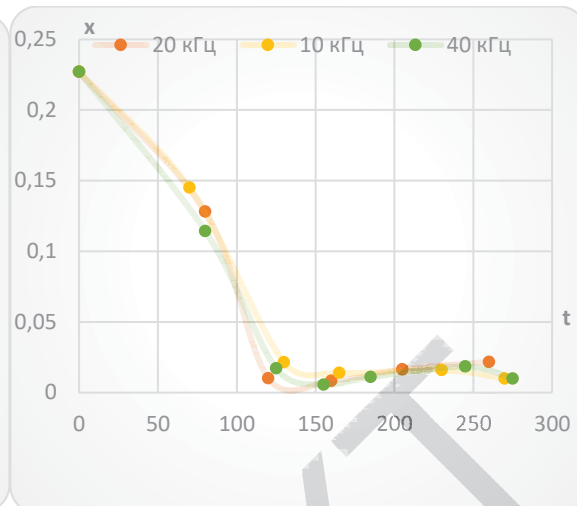


Рис. 5. Влияние ультразвука разной частоты на солесодержание в стоках.

Для исследования влияния ультразвука на процессы кристаллизации и сепарирования был применен генератор ультразвуковых волн с переменной частотой (рис. 5, 6). Установлено, что минимальный прирост температуры наблюдается при влиянии ультразвука частотой 20 кГц. При более высокой частоте температура воды повышается, что ухудшает результаты в рамках решения задач вымораживания.

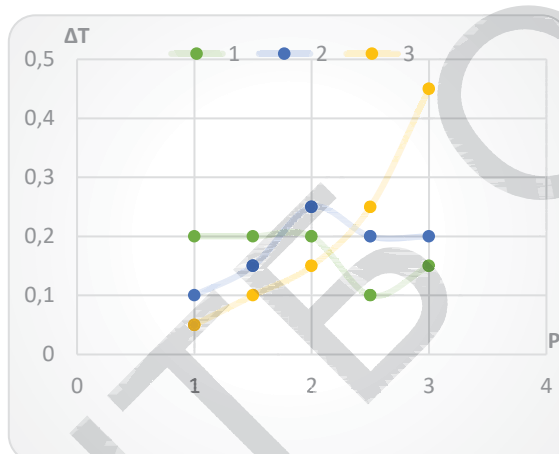


Рис. 6. Зависимость прироста температуры от мощности при разной частоте ультразвука: 1 – 6 кГц, 2 – 10 кГц, 3 – 20 кГц.

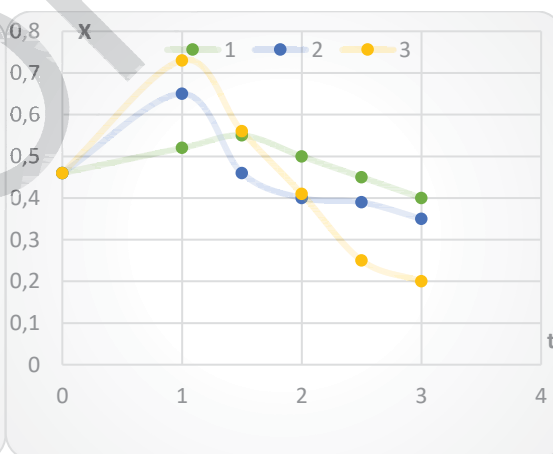


Рис. 7. Влияние времени кристаллизации на солесодержание в стоках: 1 – 30 минут, 2 – 1 час, 3 – 2 часа.

Опытным путем было установлено, что наилучший результат дал эксперимент с применением генератора частотой 20 кГц и длительностью кристаллизации 2 часа. Далее эксперименты проводились при различном месторасположении самого интенсификатора. Установлено, что наибольший эффект на процессы кристаллизации и сепарирования оказал генератор с частотой ультразвука 20 кГц, расположенный в центре на расстоянии 1 см от блока льда с кольцом-ограничителем (рис. 8).

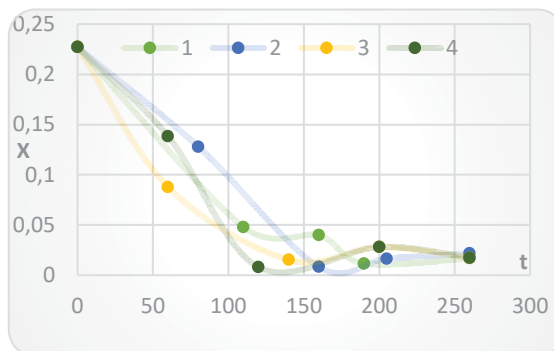


Рис. 8. Зависимость количества соли в объеме раствора от времени с применением ультразвука частотой 20 кГц при различном расположении относительно блока льда: 1 – сбоку; 2 – вплотную; 3 – центр на расстоянии 1 см; 4 - центр на расстоянии 1 см с кольцом-ограничителем.



Рис. 9. Влияние ультразвукового интенсификатора на изменение концентрации соли в блоке льда с течением времени.

Путем решения уравнений материального баланса получена формула для нахождения концентрации соли в блоке льда, где  $M_n$  – начальная масса раствора с концентрацией солей  $X_n$ ,  $M(\tau)$  – текущая масса раствора с концентрацией солей  $X(\tau)$ :

$$X(\tau) = \frac{M_n X_n - M(\tau) X(\tau)}{M_n - M(\tau)} \quad (2)$$

Проведены опыты по определению концентрации солей в блоке льда с применением ультразвукового интенсификатора и без. Полученные графики (рис. 9) свидетельствуют, что применение ультразвука снижает концентрацию солей в блоке льда, а, следовательно, и его пористость. Исходя из результатов опытов, можно сделать вывод, что применение ультразвуковых интенсификаторов в установках блочного вымораживания позволяет улучшить параметры блока льда и увеличить энергетическую эффективность процесса.

#### Выводы

1. Установлено, что пористость структуры льда оказывает значительное влияние на процессы тепло- и массообмена при формировании блока льда.
2. Разработана и проанализирована математическая модель влияния пористости блока льда на теплофизические процессы.
3. Результаты исследований показали, что наибольший эффект на процессы интенсификации и сепарирования оказал генератор с частотой ультразвука 20 кГц, расположенный в центре на расстоянии 1 см от блока льда с кольцом-ограничителем.
4. Применение ультразвука в процессе кристаллизации и сепарирования блока льда снижает количество солей в блоке и повышает энергетическую эффективность работы установки блочного вымораживания.

#### Литература

1. Хвесик М. А. Водні ресурси – інвестиція сьогодення і перспектива майбутнього / М. А. Хвесик, В. М. Мандзик. // Інвестиції: практика та досвід. – 2009. – №1. – С. 2–8.
2. Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды / Б. Е. Рябчиков. – Минск, 2005.
3. Бурдо О. Г. Анализ процессов деминерализации воды / О. Г. Бурдо, О. О. Офатенко. // 36. наук. праць ОНАХТ. – 2009. – №35. – С. 287– 292.
4. Бурдо О. Г. Холодильные технологии в системе АПК / О. Г. Бурдо. – Одесса: Полиграф, 2009. – 288с.
5. Антипов С. Т. Тепло- и массообмен при концентрировании жидких сред вымораживанием / С. Т. Антипов, В. Е. Добромиров, В. Ю. Овсянников. – Воронеж: гос. технол. акад. Воронеж, 2004. – 208 с.



6. Техника блочного вымораживания / О. Г. Бурдо, С. И. Милинчук, В. П. Мордынский, Д. А. Харенко. – Одесса: Полиграф, 2011. – 294 с.
7. Бурдо О. Г. Процессы кристаллизации воды в ультразвуковом поле / О. Г. Бурдо, Ф. А. Тришин, А. Р. Трач. // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. – 2014. – С. 80–86.
8. Бурдо О. Г. Моделирование процесса кристаллизации воды в ультразвуковом поле / О. Г. Бурдо, Ф. А. Тришин, А. Р. Трач. // Харчова наука і технологія. – 2015. – С. 75–80.

УДК 637.146

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ

Тришин Ф.А., к.т.н, Масельская Я.А., магистрант факультета ЭТОиТД, ОНАПТ  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

## ENERGY ASPECTS OF THE PROCESS OF THE SEA WATER DEMINERALIZATION IN BLOCK DUMMY EQUIPMENT APPARATUS

Trishin F.A., P.h.D., Maselskaya Ya.A., master's degree of the faculty of ETEandTD  
Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa

**Аннотация.** Проведен анализ литературных источников по проблеме пресной воды. Анализируется проблема с пресной водой в Украине. Показаны преимущества низкотемпературных методов опреснения. Обоснованы перспективы технологий блочного вымораживания для получения опресненной морской воды.

**Annotation.** The analysis of literature sources in the field of fresh water problems is carried out. The problem with fresh water in Ukraine is analyzed. The advantages of low-temperature desalination methods are shown. Prospects of block freezing technologies for obtaining desalinated sea water are substantiated.

**Ключевые слова:** морская вода, деминерализация морской воды, низкотемпературные методы опреснения морской воды, технологии блочного вымораживания.

**Key words:** sea water, demineralization of sea water, low-temperature methods of seawater desalination, technologies of block freezing.

**Введение.** Глобальной проблемой человечества в новом тысячелетии становится задача получения пригодной для питья пресной воды. Дефицит пресной воды остро ощущается на территории более 40 стран, расположенных в засушливых областях земного шара и составляющих около 60% всей поверхности суши. Мировое потребление воды в начале XXI века достигло  $120-150 \cdot 10^9$  м<sup>3</sup> в год. Растущий мировой дефицит пресной воды может быть скомпенсирован опреснением солёных (солеосодержание более 10 г/л) и солоноватых (2-10 г/л) океанических, морских и подземных вод, запасы которых составляют 98% всей воды на земном шаре.

Пресная вода является ценной составной частью морской воды. Нехватка пресной воды все больше ощущается в индустриально развитых странах, как США и Япония, где потребность в пресной воде для бытовых нужд, сельского хозяйства и промышленности превышает имеющиеся запасы. В таких странах, как Израиль или Кувейт, где уровень осадков очень низок, запасы пресной воды не соответствуют потребностям в ней, которые возрастают в связи с модернизацией хозяйства и приростом населения. В дальнейшем человечество окажется перед необходимостью рассматривать океаны как альтернативный источник воды [1].

По запасам питьевой воды Украина занимает последнее место в Европе и 70-е в мире по ее качеству. Вода – одна из наиболее важных составных частей живых организмов, поэтому проблему неудовлетворенного качества питьевой воды необходимо решать незамедлительно. Непрерывная интенсификация промышленного производства обуславливает рост дефицита пресной воды. В связи с отсутствием в мировой практике эффективных и экономичных опреснителей воды, указанная проблема приобретает все большую актуальность [2].

**Актуальность исследований.** Проблема питьевой воды в Украине - общенациональная. Количество и качество воды из водопровода является сутью этой проблемы. Плохое состояние водных объектов - одна из основных причин низкого качества водопроводной воды.

Сегодня альтернативу водопроводной воде составляет бутилированная очищенная вода.

Экологами признано непригодными для питья на Украине более 60% украинской воды.

Водные запасы Украины крайне невелики. Среднегодовая водообеспеченность одного жителя Украины сегодня составляет приблизительно 1 тыс. м<sup>3</sup>, что в 15 раз ниже нормы, которая определена Европейской

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терзедман Е.Ф. ....	
РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕПЛООБМІННИХ СИСТЕМ С УТИЛИТНИМИ ПУТЯМИ	106
Ульєв Л.М., Маатук А. ....	
ПРОЕКТ ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО КОРПУСА ОНАПТ	111
Перетяка С. Н., Козинец А. Ю., Бандура Д. А. ....	
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ	115
Дабіжа Н.О. ....	
РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ДЛЯ ВИСОКОМІНЕРАЛІЗОВАНИХ СЕРЕДОВИЩ	121
Чаласєв Д.М., Шматок О.І., Грабова Т.Л., Сильнягіна Н.Б. ....	

## ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНИХ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

ПОГЛИНАННЯ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ ІЗ СУМІШІ ПОВІТРЯ З ДІОКСИДОМ СУЛЬФУРУ	126
Дячок В. В., Гуглич С. І., Катишева В. В., Мандрик С. Т. ....	
ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МОНТМОРИЛОНІТУ, МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІОНЕНАМИ	131
Суґа І.В., Томіло В.І., Беґяновська О.А., Суґий К.М. ....	
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	138
Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симає Д.М., Данилюк О.М. ....	
АДСОРБЦІЙНО-ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ У СТАТИЧНОМУ ШАРІ ДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ В СТАЦІОНАРНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ УМОВАХ	143
Сабадаш В.В., Гумницький Я.М. ....	
ПРОЦЕСИ ВИРОБНИЦТВА НЕЕНЕРГОСМНИХ КОНЦЕНТРАТИВ ФІТОПРЕПАРАТИВ	148
Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П. ....	
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРґАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПЗИТУ НА ОСНОВІ МАНґАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІУ	153
Аєимов Г.Я., Новохацька А.О. ....	
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З АНТИФРИКЦІЙНИМ ВНУТРІШНІМ ШАРОМ	157
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г. ....	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЛУЧЕНИЯ КРЕМНИЯ ИЗ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ	161
Рябик П.В., Опарин С.А., Гриднева Т.В. ....	
ИССЛЕДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРОВАННОГО ЯДРА ПОДСОЛНЕЧНИКА	164
Евлаш В.В., Потапов В.А. Никитин С.В. ....	
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА ЛЬДА В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ	168
Тришин Ф.А., Трач А.Р., Орловская Ю. В. ....	
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССА ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИИ МОРСКОЙ ВОДЫ В АППАРАТАХ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	174
Тришин Ф.А., Масельская Я.А. ....	
ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	179
Журавська Н. Е. ....	