

**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.

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 $120-150 \cdot 10^9$ м³ 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. м³, что в 15 раз ниже нормы, которая определена Европейской

экономической комиссией ООН. Кроме того, имея ограниченные запасы пресной воды, Украина, практически не имеет поверхностных вод, которые отвечали бы требованиям стандартов, предъявляемым к источникам питьевого водоснабжения.

В среднем, на одного гражданина Украины приходится до 1010 м³/год, когда обеспеченность водными ресурсами в Европейских странах составляет: Швеция - 24000 м³/год; Австрия - 7700 м³/год; Швейцария - 7280 м³/год; Франция - 4570 м³/год. Луганская область является наиболее вододефицитным регионом в Украине, где водный баланс на одного жителя составляет, в зависимости от водности года - 160-500 м³/год.

По данным Министерства охраны здоровья Украины процент проб воды, не соответствующей санитарно-химическим и бактериологическим показателям, составил:

- по Донецкой области от 8 до 11,4%;
- по Луганской области 20-27%;
- по Харьковской области 11,4-15%;
- по Запорожской области 11,4-15%.

В развитых странах воду из-под крана можно пить без кипячения и даже без фильтрации. В Европе вода проходит сложную и дорогостоящую очистку: многослойными фильтрами, озоном, ультрафиолетом. Отфильтровываются железо, марганец и другие вредные вещества и соединения, доводятся до нормы значения pH, уровень жесткости. А чтобы вода такой же чистой дошла до потребителя, водопроводные трубы делают из материалов не подверженных коррозии (керамика, медь, пластик).

В Украине ситуация «несколько» иная. До сих пор хлорирование остается самым оптимальным вариантом обеззараживания воды.

Хлорирование воды, содержащей большие количества органических веществ, приводит к образованию хлорорганических соединений (ХОС), опасных для здоровья человека, вызывающих снижение иммунитета, anomalies развития, могут повышать вероятность развития злокачественных новообразований.

Анализ литературных источников и формулировка проблемы. Физическая энергия, необходимая для превращения 1 кг воды в лед составляет 0,33 МДж, а при превращении воды в пар - 2,5 МДж. Для снижения затрат энергии на процесс выпаривания на предприятиях используют многоступенчатые выпарные установки, в которых утилизируется энергия вторичного пара. Так, вторичный пар из аппарата первой ступени используется как греющий в аппарате второй ступени. Аналогичная схема в последующих аппаратах. В настоящее время экономически обоснованным в Европе считается применение 7-ступенчатых установок.

В Украине число ступеней при выпарке не превышает трех.

Проведем сравнение технологий низкотемпературного разделения растворов с наиболее энергетически эффективной 7- ступенчатой выпарной установкой.

Низкотемпературные технологии разделения пищевых жидкостей 1 поколения (КТ1), которые получили распространение в Европе, выбрали все свои резервы к 1990г. Предложенные в ОНАПТ аппараты блочного вымораживания относятся криотехнологиям 2 поколения (КТ2, КТ3, КТ4). Аппараты КТ4 требуют в 5 раз меньших энергетических затрат чем у 7 – ступенчатых вакуум-выпарных установок.

Таблица 1 - Энергетические аспекты развития низкотемпературных технологий разделения растворов [3].

	Характеристика	J, МДж/кг
КТ1	Системы вымораживания с машинным принципом получения кристаллов льда, с сепараторами в виде центрифуг, прессов либо промывочных колонн. Наличие насосов, емкостей, трубопроводов приводит к значительным системным потерям холода. Конструкции 1 поколения. Резервы по снижению энергоемкости исчерпаны	1,1
КТ2	Системы вымораживания с аппаратным принципом получения кристаллов льда, с гравитационным принципом сепарирования. Отсутствуют системные потери холода. Аппараты 2 поколения.	0,7
КТ3	Аппараты 2 поколения. Используют техническую идею рециклинга льда для переохлаждения холодильного агента перед дросселированием.	0,4
КТ4	В аппаратах применяется частотный принцип регулирования холодопроизводительности компрессора, что позволило перестраивать структуру холодильной машины в процессе кристаллизации воды. Аппараты 2 поколения.	0,21

Снижение уровня энергетических затрат при блочном вымораживании достигается за счет:

1. - сокращения расхода холода из-за отсутствия циркуляционных контуров и механизмов;

2. - применения гравитационного сепарирования, что стало возможным при формировании блока льда на стадии кристаллизации, а не сепарирования;

3. - использования в холодильном цикле энергии плавления блоков льда.

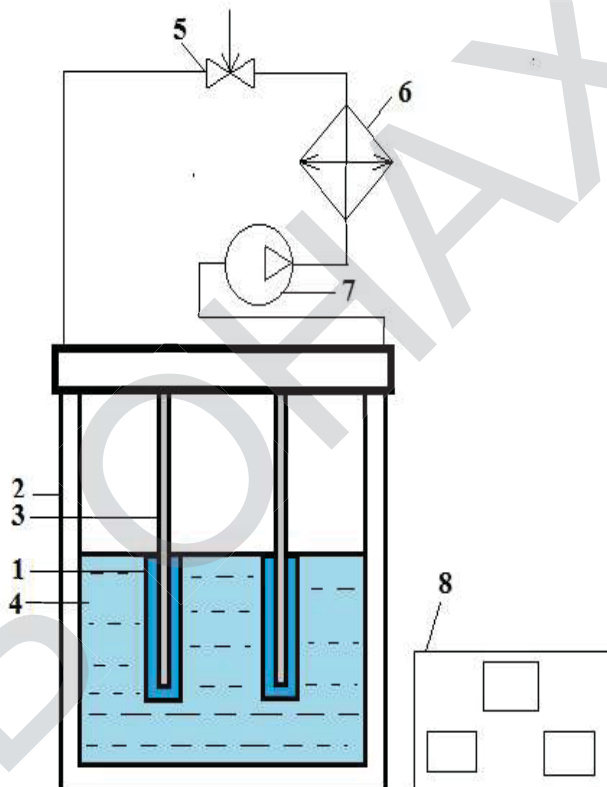
Использование теплоты плавления блоков льда в блочных криоконцентраторах позволяет снизить уровень энергопотребления до 0,08 кВт ч на 1 кг льда, что соответствует $J=0,21$ МДж/кг. Это в 10 раз меньше чем в одноступенчатых и в три раза меньше чем в пятиступенчатых выпарных установках [3].

Формулировка цели работы и задачи исследований. Целью данной работы является опреснение морской воды при помощи установки блочного вымораживания. Задача исследований состоит в получении кинетики кристаллизации воды, динамики роста блока льда, исследование процесса сепарирования.

Результаты исследований. В процессе исследований как сырье использовалась морская вода из Черного моря.

На первом этапе было проведено 2 этапа фильтрования морской воды. Далее чистую воду поместили в емкость для замораживания и включили установку. После чего каждый час фиксировали показатели солесодержания воды, объем и высоту воды в емкости, толщину блока льда, температуры воды и хладагента.

Этап опреснения морской воды проводился на установке блочного вымораживания.



1 - лед; 2 - концентратор; 3 - кристаллизатор; 4 - продукт; 5 - дроссельный вентиль 6 - конденсатор; 7 - компрессор; 8 - измерительные приборы.

Рис. 1. Схема опытно-промышленного криоконцентратора

Расчет и эксперимент проведены для аппарата, который содержал прямоугольный кристаллизатор площадью $S=584$ см². Объем исходной воды составлял $V_n = 20$ л, начальное солесодержание в морской воде составило 14,1 ‰.

В ходе выполнения исследований были получены и построены такие зависимости от времени как: кинетика формирования блока льда, процесс кристаллизации воды, концентрация солей как в блоке льда так и в воде.

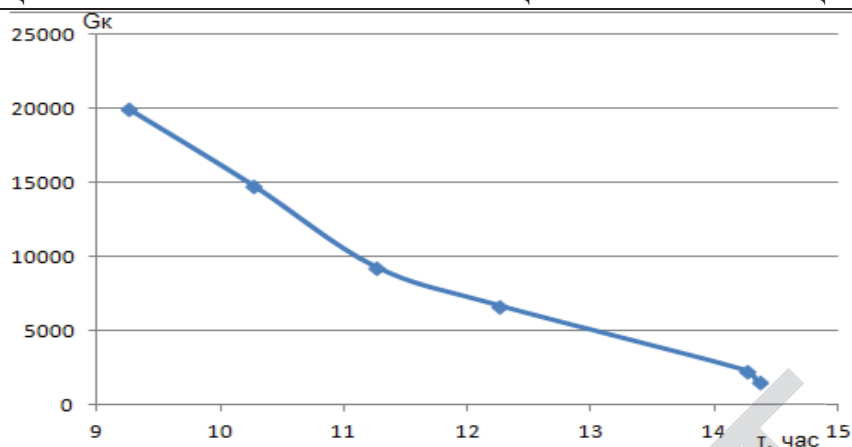


Рис. 2. Кинетика изменения массы раствора

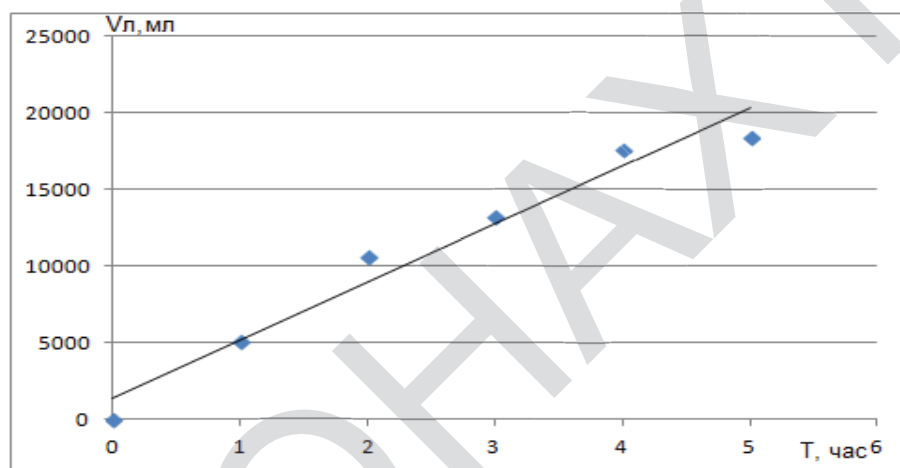


Рис. 3. Кинетика формирования блока льда

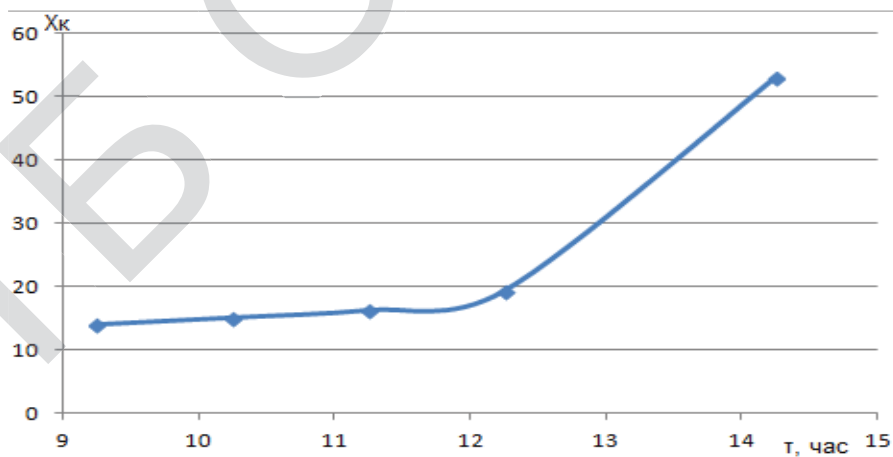


Рис. 4. Концентрация солей в растворе

По балансовой модели процесса блочного вымораживания, где на вход кристаллизатора подается морская вода с начальной концентрацией X_n и массовым расходом G_n (рис.5), можно аналитически определить содержание солей в блоке льда (рис. 6)

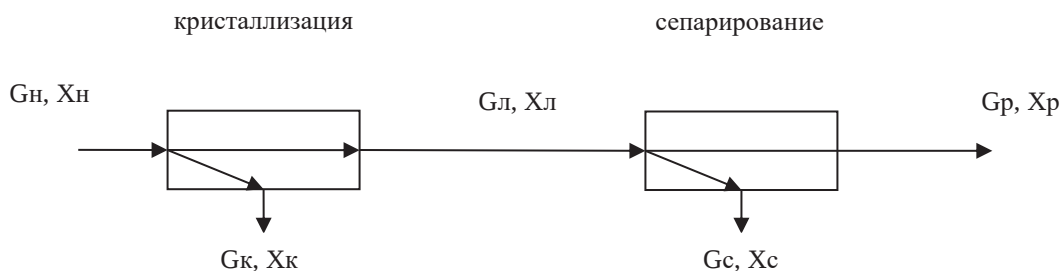


Рис. 5. Схема материальных потоков

Для процесса кристаллизации:

$$\left. \begin{aligned} G_k + G_l &= G_n \\ G_k X_k + G_l X_l &= G_n X_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Из системы уравнений 1 можно определить концентрацию солей в блоке льда:

$$X_l = \frac{G_c X_c - G_k X_k}{G_l} \quad (2)$$

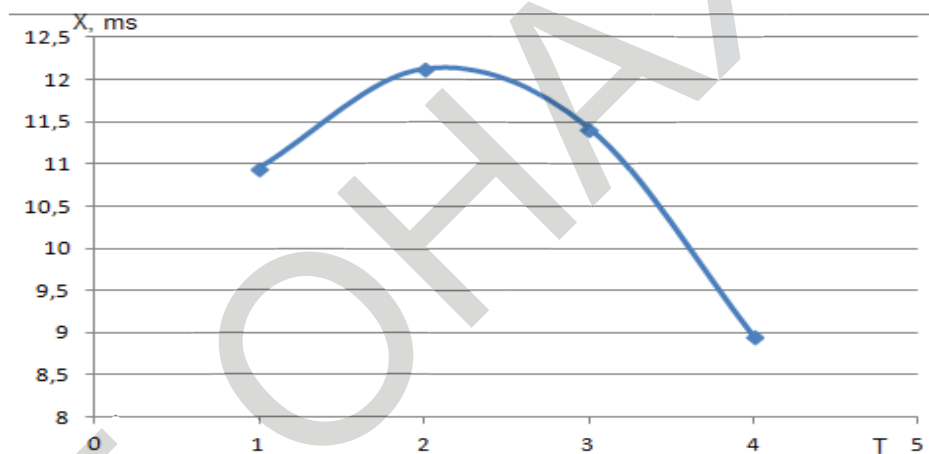


Рис. 6 - Концентрация солей в блоке льда

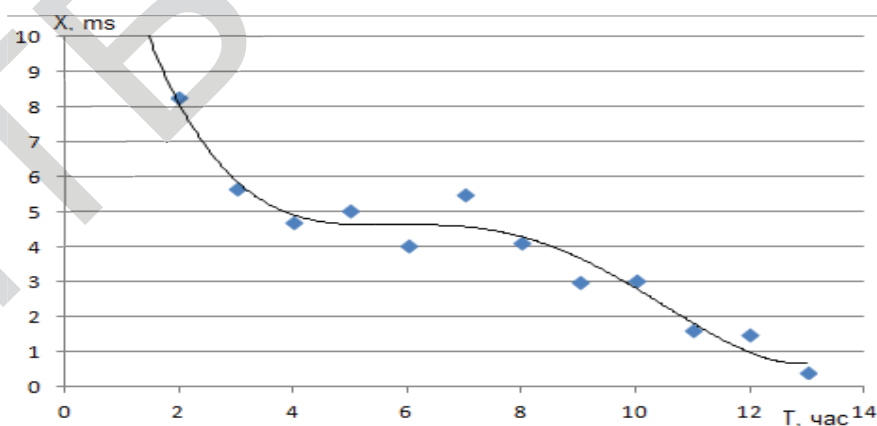


Рис. 7 - Солесодержание стоков

Анализ результатов исследований. На рисунке 2 представлена зависимость $G_k(\tau)$ которая показывает интенсивность вымораживания воды в зависимости от времени в установке блочного вымораживания.

Рисунок 3 представляет быстроту формирования блока льда. Можно заметить, что в начале времени процесс протекает более интенсивно, чем в конце эксперимента. Снижение темпов роста толщины блока льда и, следовательно, массы льда свидетельствует о том, что величина холодильной мощности со временем снижается. Поэтому, энергетически эффективные системы блочного вымораживания должны учитывать эту специфику.

В зависимости от времени изменяется и концентрация солей в морской воде, рисунок 4 показывает как растет концентрация солей в воде. Это объясняется тем, что происходит процесс концентрирования, то есть формируется блок чистой опресненной воды, концентрация солей, в котором уменьшается, что и представлено на рисунке 6.

После выключения установки, сформировавшийся блок льда оставили для оттаивания и продолжали каждый час измерять солесодержания в стоках. На рисунке 7 можно заметить что изначальное солесодержание было 8,28 ms, а к концу процесса оттаивания льда – 0,42 ms. Это значение говорит о том, что из морской воды была получена довольно чистая опресненная вода.

Вывод. Снижение уровня энергетических затрат при блочном вымораживании достигается за счет:

- Сокращения расхода холода из-за отсутствия циркуляционных контуров и механизмов;
- Применения гравитационного сепарирования, что стало возможным при формировании блока льда на стадии кристаллизации, а не сепарирования;
- Использования в холодильном цикле энергии плавления блоков льда

Использование теплоты плавления блоков льда в блочных криоконцентраторах позволяет снизить уровень энергопотребления до 0,08 кВтч на 1 кг льда, что соответствует $J=0,3$ МДж/кг. Это в 10 раз меньше чем в одноступенчатых и в три раза меньше чем в пятиступенчатых выпарных установках [3].

Литература.

1. Мосин О.В. Физико-химические основы опреснения морской воды – Москва: ООО «Фолиум», 2012, № 1, с. 19-30.
2. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК – Одесса: Полиграф, 2009 – 288 с.
3. Бурдо О.Г., Милинчук С.И., Мордынский В.П., Харенко Д.А. Техника блочного вымораживания – Одесса: Полиграф, 2011 – 294 с.
4. Drioli E., Giorno L (eds.) Comprehensive membrane science and engineering. Volume 1 : Basic Aspects Of Membrane Science And Engineering. First edition. - Elsevier, 2010. - 368 p. - ISBN: 978-0-444-53204-6.
5. Masciaglioli, T.M., Wood-Black, F.(Norling, P. (Eds.), 2004. Water and Sustainable Development: Opportunities for the Chemical Sciences. Workshop Report to the Chemical Sciences Roundtable. National Academies Press.
6. Australian Government National Water Commission, 2005

УДК 504:628.1

ОЦІНЮВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ ОБРОБКИ ВОДИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Журавська Н.Е., доц., к.т.н.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ

EVALUATION NONCHEMICAL WATER TREATMENT IN HEATING SYSTEMS

N.E. Zhuravska, associate professor, Ph.D.

Kiev National University of Construction and Architecture, Kyiv

Анотація: При безреагентній обробці води в електромагнітних полях для систем теплопостачання здійснювалось еколого-техногенне оцінювання процесу. Отримані результати дозволили встановити структурно-функціональні взаємозв'язки та взаємодії між складовими системи теплопостачання.

Abstract: In nonchemical water treatment in electromagnetic fields for heating systems carried out environmental and technogenic evaluation process. The results revealed structural and functional relationship and interaction between the components of heating system.

Ключеві слова: безреагентна обробка води.

Keywords: nonchemical water treatment.

Вступ

Сучасним напрямком підготовки технічної води в системах теплопостачання є методи безреагентної обробки води із застосуванням електромагнітних полів [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Переваги цієї технології перед традиційними способами полягають в тому, що особливості технології обробки води дозволяють отримати позитивні технологічні результати (попередження або видалення накіпів та біобластин із трубопроводів) та

КИНЕТИКА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГРАНАТОВОГО СОКА В УСТАНОВКЕ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ	101
Стоянова А.М., Драгни Е.И., Терземан 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
Суха І.В., Томіло В.І., Белянєвська О.А., Сухий К.М.	
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА З РІДКИМ РЕАГЕНТОМ	138
Гумницький Я.М., Атаманюк В.М., Симаєв 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 КОНЦЕНТРАТІВ ФІТОПРЕПАРАТІВ	148
Бурдо А.К., Альхурі Юсеф, Ананійчук Е.Ю., Велічко В.П.	
РОЛЬ НАДЛИШКОВОГО МАРГАНЦЮ В ФОРМУВАННІ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОСТРУКТУРНОГО КОМПОЗИТУ НА ОСНОВІ МАНГАНІТУ І СТАБІЛІЗОВАНОГО ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ	153
Акимов 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.	