УДК 628.161:66.065.512

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

И.А. Короткий, Е.В. Короткая*, А.В. Учайкин

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: krot69@mail.ru*

Дата поступления в редакцию: 03.06.2015
Дата принятия в печать: 21.07.2015

Вода является основным видом сырья в пищевом производстве. Ее состав имеет огромное влияние на качественные характеристики и технологические свойства выпускаемой продукции: прозрачность, вкус, стойкость, безопасность, биологическая ценность и др. Для нашего времени характерна высокая степень загрязнения окружающей среды, в том числе и источников природной воды, которая используется в производстве. В природной воде можно обнаружить огромный спектр загрязнений как естественного, так и антропогенного характера. Очистные сооружения и станции водоподготовки в отношении органических ингредиентов выполняют лишь функции барьера, но этот условный барьер не приносит стопроцентного результата. Стоит отметить, что в процессе водоочистки возможно образование еще и дополнительных токсикантов, которые также оказывают негативное влияние на показатели используемой воды. Работа посвящена исследованию процессов очистки воды разделительным вымораживанием в кристаллизаторе емкостного типа. Представлены результаты экспериментов по разделительному вымораживанию воды при различных температурах и продолжительности процесса кристаллизации. Установлена зависимость массы образующегося льда от времени и температуры кристаллизации, построены графики изменения толщины слоя льда, а также температурные кривые на теплообменной поверхности кристаллизатора. В результате экспериментальных исследований получены графики, отражающие зависимость удельного энергопотребления от времени и толщины слоя намораживаемого льда. Изучено влияние скорости льдообразования на качественные показатели воды (цветность, содержание сухого остатка, общая жесткость, окисляемость, содержание хлоридов и фторидов). На основании полученных зависимостей определены энергоэффективные режимы разделительного вымораживания, позволяющие получить воду с высокими показателями качества.

Разделительное вымораживание, кристаллизатор, очистка воды

Введение

Вода – одно из самых распространенных веществ на нашей планете, она является одним из важнейших компонентов системы жизнеобеспечения. В то же время вода служит сырьем для огромного количества технологий во всех отраслях промышленности. Являясь прекрасным растворителем неорганических, органических веществ и газов, природная вода представляет собой раствор тех веществ, с которыми она контактировала в процессе круговорота. Эти вещества могут быть как полезны, так и вредны для человеческого организма. В пищевой промышленности к качеству воды предъявляются особые требования, так как от этого напрямую зависит качество выпускаемой продукции. Для того чтобы сделать воду пригодной для использования в промышленности или для питья, она должна пройти специальную подготовку, в процессе которой воду освобождают от вредных примесей. Такой технологический процесс называют водоподготовкой. Набор технологических процессов, используемых в технологиях водоподготовки, зависит от состояния исходной воды, требований к конечному продукту, а также от возможностей производителя [1–4].

Важнейшими показателями качества воды, определяющими ее пригодность в пищевой промышленности, являются: прозрачность, сухой остаток, pH, общая жесткость, окисляемость, содержание коррозионно-активных газов, таких как кислород и углекислый газ.

Для использования в пищевых производствах интересным и перспективным методом очистки воды представляется очистка воды вымораживанием [2, 4, 5].

Физико-химическая основа очистки воды методом вымораживания состоит в следующем: при замерзании растворов кристаллизуется чистый растворитель – вода, а раствор насыщается остатком растворенных веществ. Удаление насыщенного примесями раствора и плавление льда завершают процесс водоподготовки [6, 7].

Процессы разделительного вымораживания происходят в кристаллизаторах косвенного охлаждения. В таких кристаллизаторах на теплообменной поверхности происходит намораживание льда за счет отвода теплоты кристаллизации хладоносителем. В таких аппаратах не происходит механического удаления льда с поверхности теплообмена, по завершении процесса кристаллизации жидкий остаток с примесями сливается из центральной части емкости, после чего намороженный лед плавится и удаляется из аппарата. Это позволяет значительно упростить технологию разделительного вымораживания и повысить эффективность очистки воды разделительным вымораживанием. Применение

технологии вымораживания позволит исключить из технологического процесса водоподготовки этапы: очистки воды от механических примесей; осветления воды и удаления активного хлора; умягчения; обессоливания; удаления растворенных газов.

Таким образом, целью настоящей работы является исследование процесса разделительного вымораживания воды в кристаллизаторе емкостного типа, установление наиболее эффективных технологических параметров его работы и определение показателей качества вымороженной воды.

Объекты и методы исследований

Для проведения экспериментальных исследований был использован емкостной кристаллизатор и контрольно-измерительный комплекс регистрации температур [8, 9].

Эксперимент проводился в течение 15, 30, 60, 90, 120 и 180 мин при температурах хладоносителя -2, -5, -7 и -10 °С. Расчет высоты намороженного льда ($h_л$, м) проводили по формуле

$$h_л = \frac{4 \cdot V_{см}}{\pi \cdot D^2}, \quad (1)$$

где $V_{см}$ – объем водоледяной смеси (определяется как сумма объема незамороженной воды и намороженного льда), м^3; D – диаметр рабочей емкости криоконцентратора, равный 0,174 м. При определении объема водоледяной смеси учитывались значения плотности воды и льда, составляющие соответственно 0,9982 и 0,917 г/см^3.

Внутренний диаметр ледяного массива ($D_{л.м.}$, м) рассчитывали по формуле

$$D_{л.м.} = \sqrt{\frac{D^2 - 4 \cdot V_л}{\pi \cdot h_л}}, \quad (2)$$

где $V_л$ – объем образовавшегося льда, м^3.

Толщина намороженного слоя льда (S, мм) определялась по формуле

$$S = \frac{D - D_{л.м.}}{2} \cdot 1000 \cdot \quad (3)$$

В качестве исходной воды использовали воду из водопроводной сети города Кемерово. Определяли показатели качества вымороженной воды: цветность по ГОСТ 3351-74; содержание сухого остатка по ГОСТ 18164-72; общая жесткость по ГОСТ 4151-72; перманганатная окисляемость по ГОСТ 55684-2013; содержание хлоридов по ГОСТ 4245-72; массовая концентрация фторидов по ГОСТ 4386-89.

Энергетические затраты разделительного вымораживания определялись экспериментально с помощью электронного счетчика ватт-часов потребленной энергии «Меркурий-203.2Т», классом точности 1.

Результаты и их обсуждение

После запуска холодильная машина работает непрерывно до тех пор, пока температура хладоносителя не достигнет заданного значения. Необходимое для этого время, при установленных значениях температуры хладоносителя ($t_{хл}$) -2, -5, -7 и -10 °С составило 25, 60, 96 и 160 мин соответственно (рис. 1). Далее холодильная машина работает в циклическом режиме для поддержания заданной температуры хладоносителя в допустимом диапазоне, установленном перед началом эксперимента, что подтверждает наблюдаемый волнообразный характер температурных кривых на рис. 1.

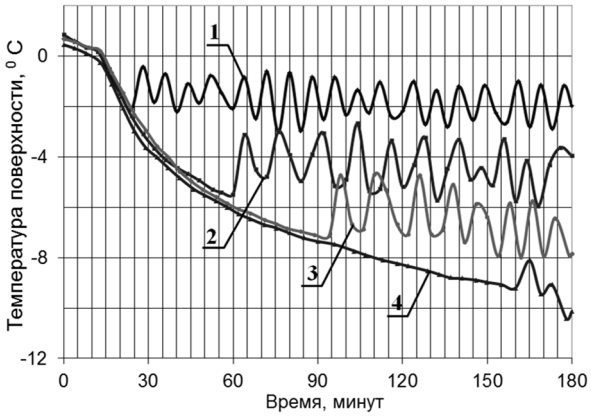

Рис. 1. Зависимость температуры теплообменной поверхности кристаллизатора от времени замораживания при $t_{хл}$: 1 – -2 °С; 2 – -5 °С; 3 – -7 °С; 4 – -10 °С

Количество вымороженной воды в процессе кристаллизации определяли по разности объемов исходной и незамерзшей воды. Результаты определения количества вымороженной воды в зависимости от времени и температуры хладоносителя представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количество вымороженной воды в процессе кристаллизации, кг

Время, мин	Температура хладоносителя $t_{хл}$, °С			
	-2	-5	-7	-10
15	0,20	0,20	0,20	0,20
30	0,41	0,45	0,45	0,45
60	0,66	0,95	1,00	1,01
90	0,87	1,24	1,43	1,46
120	1,08	1,50	1,70	1,81
180	1,39	1,95	2,25	2,43

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что на начальном этапе, который составляет 30 мин, количество вымороженной воды при всех заданных температурах хладоносителя практически одинаково, так как к этому времени температура хладоносителя достигает заданного уровня лишь при установленном значении температуры -2 °С (рис. 1). Далее с увеличением продолжительности процесса вымораживания и понижением температуры хладоносителя масса вымороженной воды увеличивается.

Масса льда, образовавшегося в процессе кристаллизации, зависит от продолжительности вымо-

раживания, температуры хладоносителя, а также размера и формы кристаллизатора. Поэтому важной характеристикой процесса разделительного вымораживания является толщина слоя намораживаемого льда.

Для определения толщины слоя намороженного льда использовали формулы (1)–(3). По полученным данным был построен график зависимости толщины слоя намораживаемого льда от времени кристаллизации при различных значениях температуры хладоносителя (рис. 2).

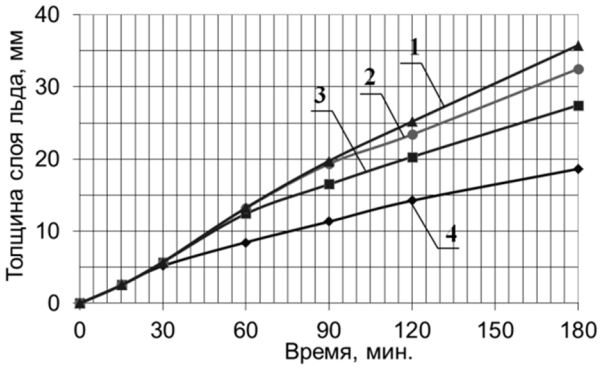

Рис. 2. Зависимость толщины слоя намораживаемого льда от времени при $t_{хл}$:
1 – -10 °С; 2 – -7 °С; 3 – -5 °С; 4 – -2 °С

Анализ полученных графических зависимостей позволяет сделать вывод, что скорость льдообразования имеет нелинейный характер. При температурах хладоносителя -10, -7 и -5 °С наибольшая скорость образования льда наблюдалась через 30–60 мин после начала процесса замораживания и в среднем составила 0,24 мм/мин. При температуре хладоносителя -2 °С максимальная скорость льдообразования наблюдалась в первые 30 мин замораживания. Дальнейшее увеличение времени кристаллизации до 180 мин приводило к снижению скорости льдообразования в среднем в 1,4–1,8 раза при различных температурах хладоносителя. Уменьшение скорости льдообразования при увеличении продолжительности замораживания обусловлено тем, что по мере увеличения толщины слоя льда термическое сопротивление между теплообменной поверхностью и водой повышается, что снижает эффективность отвода теплоты.

Следующим этапом работы являлось определение наиболее эффективных технологических параметров процесса разделительного вымораживания воды с целью ее очистки в кристаллизаторе емкостного типа.

Энергетические затраты процесса разделительного вымораживания состоят из расхода электроэнергии на привод компрессора холодильной машины кристаллизатора. Расход электроэнергии на вымораживание при различных температурных режимах представлен в табл. 2.

При температуре хладоносителя -10 °С зависимость энергопотребления от времени имела практически линейный характер. Это связано с тем, что из 180 мин общего времени кристаллизации холодильная машина работала в непрерывном режиме 160 мин и лишь 20 мин в цикличном режиме (рис. 1). Повышение температуры хладоносителя до -7 °С приводит к незначительному снижению энергопотребления, незначительное уменьшение энергопотребления по сравнению с -10 °С наблюдается через 120 мин замораживания. Дальнейшее повышение температуры хладоносителя до -5 и -2 °С приводит к значительному снижению энергозатрат. Через 180 мин кристаллизации энергозатраты при температуре хладоносителя -2 °С были на 40 % ниже, чем при температуре хладоносителя -10 °С.

Таблица 2

Величина энергопотребления
в процессе кристаллизации, кВт·ч

Время, мин	Температура хладоносителя, °С			
	-2	-5	-7	-10
15	0,035	0,035	0,035	0,035
30	0,065	0,070	0,070	0,070
60	0,110	0,135	0,140	0,140
90	0,150	0,193	0,210	0,210
120	0,190	0,250	0,272	0,280
180	0,250	0,350	0,395	0,410

Для определения наиболее энергоэффективных режимов разделительного вымораживания был построен график зависимости удельного энергопотребления (кДж/кг вымороженной влаги) от толщины слоя образовавшегося льда (рис. 3).

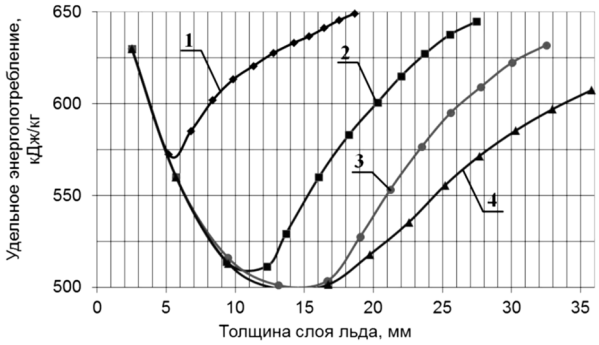

Рис. 3. Зависимость удельного энергопотребления от толщины слоя льда в процессе кристаллизации при температуре хладоносителя:
1 – -2 °С; 2 – -5 °С; 3 – -7 °С; 4 – -10 °С

Из графика, приведенного на рис. 3, видно, что каждой температуре хладоносителя соответствовал свой оптимум толщины слоя льда с минимальным удельным энергопотреблением. При температурах хладоносителя -2 и -5 °С, наименьшие энергозатраты на вымораживание 1 кг воды наблюдались при толщине слоя льда соответственно 5÷6 и 9÷12 мм. В том случае, когда температура хладоносителя составляла -7 и -10 °С, наименьшее удельное энергопотребление соответствовало толщине слоя льда 13÷16 мм. Было также установлено, что кристаллизация при заданной температуре хладоносителя -10 °С

характеризовалась наименьшими удельными энергозатратами, которые при толщине слоя льда 13÷16 мм составили 500÷512 кДж/кг вымороженной влаги.

Таким образом, в ходе исследований было установлено, что разделительное вымораживание сопровождается наименьшими энергозатратами при непрерывной работе холодильной машины до достижения слоя льда 13÷16 мм. Разделительное вымораживание при более низких температурах ведет к повышению удельного энергопотребления и является нецелесообразным. В среднем на один литр чистой воды тратится 0,11 кВт·ч электроэнергии.

Следующий этап исследований заключался в определении основных показателей качества воды (цветность, содержание сухого остатка, общая жесткость, перманганатная окисляемость, содержание хлоридов и фторидов) после разделительного вымораживания.

На рис. 4 представлен график анализа цветности исследуемой воды.

Приведенные результаты свидетельствуют о том, что вымораживание в целом снижает цветность воды. Возможно, при низкотемпературном воздействии выпадают в осадок вещества, влияющие на показатели цветности воды, хотя изменения цветности очень незначительны.

Окисляемость водопроводной воды составила (1,61±0,32) мгО/дм^3. После вымораживания наименьшая окисляемость обнаружена у воды, вымороженной при температуре -2 °С, – (0,25±0,05) мгО/дм^3, а наибольшая – у воды, не замерзшей при температуре -2 °С, – (1,84±0,37) мгО/дм^3. При этом окисляемость воды, оставшейся не замерзшей при температуре -2 °С и при температуре -5 °С, отличалась незначительно.

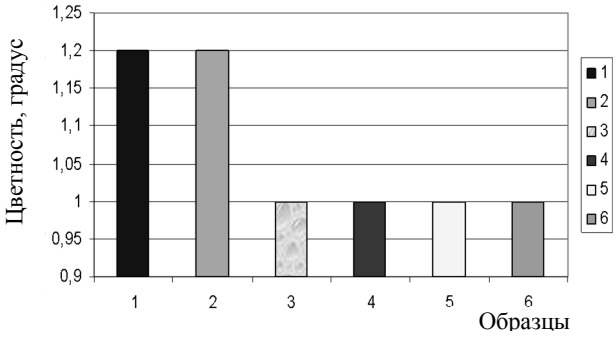

Рис. 4. График анализа цветности исследуемой воды:
1 – вода из водопроводной системы;
2 – отстоявшаяся вода;
3 – вымороженная при -2 °С; 4 – незамерзшая при -2 °С;
5 – вымороженная при -5 °С; 6 – незамерзшая при -5 °С

Существенное снижение окисляемости вымороженной воды объясняется тем, что при кристаллизации из воды вытесняются растворенные в ней газы, в том числе и кислород.

Результаты определения сухого остатка, общей жесткости, содержания хлоридов и фторидов исследуемой воды приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав исследованных образцов воды

Показатель		Сухой остаток, мг/дм^3	Жесткость общая, °Ж	Хлориды, мг/дм^3	Фториды, мг/дм^3
Исходная		154,4±15,4	2,5±0,4	8,2±1,7	0,19±0,04
Вымороженная	-2 °С	19,6±2,0	0,4±0,2	1,1±1,0	0,07±0,01
	-5 °С	26,8±2,7	0,6±0,2	2,3±1,1	0,10±0,02
Незамерзшая	-2 °С	157,1±15,7	3,0±0,4	9,4±1,6	0,24±0,05
	-5 °С	142,3±14,2	2,9±0,2	9,1±1,5	0,22±0,05

Приведенные результаты свидетельствуют о значительном влиянии разделительного вымораживания на содержание растворенных веществ. Наименьший сухой остаток имеет вода, вымороженная при температуре -2 °С, наибольший – вода, оставшаяся не замерзшей при температуре -2 °С. Большее содержание растворимых веществ в воде, вымороженной при температуре -5 °С, вероятно, обусловлено большей скоростью процесса разделительного вымораживания при температуре -5 °С. При более высокой скорости кристаллизации в формирующийся массив льда захватывается большее количество растворенных веществ и, соответственно, меньшее их количество остается в жидкой фазе. Это подтверждается и распределением солей жесткости в исследуемых образцах воды. Наименьшую жесткость имеет вода, вымороженная при температуре -2 °С, наибольшую – оставшаяся не замерзшей при температуре -2 °С.

Содержание хлоридов и фторидов в исследуемых образцах воды имеет общий характер. Наименьшее их содержание отмечено в воде, вымороженной при температуре -2 °С, а наибольшее – в воде, оставшейся не замерзшей при температуре -2 °С.

Характер полученных результатов свидетельствует о накоплении хлоридов и фторидов в незамерзшей воде и эффективном освобождении от них вымороженной воды.

Обобщая полученные результаты, можно сделать следующие выводы. Установлено, что наименьшим удельным затратам энергии соответствует работа холодильной установки при температуре хладоносителя -7÷-10 °С. Энергетически оптимальная толщина льда, намораживаемого в емкостном кристаллизаторе, составляет 13÷16 мм. Отмечено значительное улучшение показателей вымороженной воды по сравнению с водой из водопроводной сети. Лучшие показатели имеет вода, вымороженная при температуре -2 °С, это объясняется тем, что процесс разделительного вымораживания при данной температуре идет медленнее, поэтому выделение чистой воды идет более эффективно.

Список литературы

1. Карюхина, Т.А. Химия воды и микробиология / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. – М.: Стройиздат, 1995. – 208 с.
2. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 328 с.
3. Широносов, В.Г. Приготовление питьевой воды высшего качества: анализ и перспективы // Экология и промышленность России. – 2008. – № 3. – С. 4–7.
4. Ивлева, А.М. Современные методы очистки воды / А.М. Ивлева, С.В. Образцов, А.А. Орлов. – Томск: ТПУ, 2010. – 78 с.
5. GaoW., SmithD.W., SegoD.C.Treatment of pulp mill and oil sands industrial wastewaters by the partial spray freezing process // Water Res. –2004. – 38, № 3. – P. 579–584.
6. Пап, Л. Концентрирование вымораживанием / пер. с венгерского. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 96 с.
7. Консервирование пищевых продуктов холодом / И.А. Рогов, В.Е. Куцакова, В.И. Филиппов, С.В. Фролов. – М.: Колос, 1999. – 176 с.
8. Короткий, И.А. Исследование работы емкостного кристаллизатора для разделительного вымораживания жидких пищевых продуктов / И.А. Короткий, Д.Е. Федоров, Н.А. Тризно // Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 4. – С. 120–125.
9. Короткая, Е.В. Очистка воды вымораживанием в емкостном кристаллизаторе / Е.В. Короткая, И.А. Короткий, А.В. Учайкин // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6. – С. 140–144.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF WATER PURIFICATION USING SEPARATION FREEZING

I.A. Korotkiy, E.V. Korotkaya*, A.V. Uchaykin

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: krot69@mail.ru*

Received: 03.06.2015
Accepted: 21.07.2015

Water is the main raw material in food production. Its structure has a huge impact on quality characteristics and technological properties of the products: transparency, taste, stability, safety, bioavailability etc. Our time is characterized by a high degree of environmental pollution, including the sources of natural water used in production. One can find a huge range of natural and man-made contaminants in natural water. Sewage treatment plants and water treatment plants for organic ingredients serve as a barrier, but this relative barrier has no perfect result. It should be noted that during water purification, the formation of additional toxicants having negative effect on water used is possible. The work is devoted to the research on water purification by means of separation freezing using a capacitive crystallizer. The results of water separation freezing experiments at different temperatures and crystallization process duration are presented. The dependence of the ice quantity on the process duration and crystallization temperature has been established. The graphs of the ice thickness as well as temperature curves for the heat transfer surface of the crystallizer have been obtained. As a result of experimental studies the graphs showing the dependence of the energy on the process duration and ice thickness have been obtained. The effect of the rate of ice formation on water quality parameters (color, solids content, total hardness, oxidation, the content of chloride and fluoride) has been studied. Based on these dependencies energy-efficient modes of separation freezing enabling us to get high quality water have been determined.

Separation freezing, crystallizer, water purification

References

1. Karyuhina T.A., Churbanova I.N. *Khimiya vody i mikrobiologiya* [Water chemistry and microbiology]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1995. 208 p.
2. Rjabchikov B.E. *Sovremennye metody podgotovki vody dlya promyshlennogo i bytovogo ispol'zovaniya* [Modern methods of water for industrial and domestic use]. Moscow, DeLee print Publ., 2004. 328 p.
3. Shironosov V.G. Prigotovlenie pit'evoy vody vysshego kachestva: analiz i perspektivy [Preparation of drinking water of the highest quality: analysis and prospects]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2008, no. 3, pp. 4–7.
4. Ivlev A.M., Specimens S.V., Orlov A.A. *Sovremennye metody ochistki vody* [Modern methods of water purification]. Tomsk, TPU Publ., 2010. 78 p.
5. Gao W., Smith D.W., Sego D.C. Treatment of pulp mill and oil sands industrial wastewaters by the partial spray freezing process. *Water Res.,* 2004, vol. 38, no. 3, pp. 579–584.
6. Pap L. *Kontsentrirovanie vymorazhivaniem* [Concentration by freezing]. Moscow, Food processing Publ., 1982. 96 p.
7. Rogov I.A., Kazakova V.E., Filippov V.I., Frolov S.V. *Konservirovanie pishchevykh produktov kholodom* [Canning food cold]. Moscow, Kolos Publ., 1999. 176 p.
8. Korotkiy I.A., Fedorov D.E., Trizno N.A. Issledovanie raboty emkostnogo kristallizatora dlya razdelitel'nogo vymorazhivaniya zhidkikh pishchevykh produktov [Research work for the capacitance of the mold separation freezing liquid food]. *Tekhnika i tekhnologiia pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2012, no. 4, pp. 120–125.

9. Korotkaya E.V., Korotkiy I.A., Uchaykin A.V. Ochistka vody vymorazhivaniem v emkostnom kristallizatore [Water purification by freezing in capacitive crystallizer]. *Vestnik krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [The Bulletin of KrasGAU], 2015, no. 6, pp. 140–144.

Дополнительная информация / Additional Information

Короткий, И.А. Исследование процессов очистки воды разделительным вымораживанием / И.А. Короткий, Е.В. Короткая, А.В. Учайкин // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38. – № 3. – С. 88-93.

Korotkiy I.A., Korotkaya E.V., Uchaykin A.V. Investigation of the process of water purification using separation freezing. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 38, no. 3, pp. 88-93. (In Russ.).

Короткий Игорь Алексеевич
д-р техн. наук, профессор кафедры теплохладотехники, декан заочного факультета, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Короткая Елена Валерьевна
д-р техн. наук, профессор кафедры аналитической химии и экологии, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: lena_short@mail.ru

Учайкин Алексей Владимирович
аспирант кафедры теплохладотехники, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: uchaikin_aleksei@mail.ru

Igor A. Korotkiy
Dr.Sci.(Eng.), Professorof the Department of Heat Refrigerant Equipment, Dean of the Faculty of Extra Mural Studies, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: krot69@mail.ru

Elena V. Korotkaya
Dr.Sci.(Eng.), Professor of the Department of Analytical Chemistry and Ecology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-30, e-mail: lena_short@mail.ru

Alexey V. Uchaikin
Postgraduate Student of the Department of Heat Refrigerant Equipment,Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-43-44, e-mail: uchaikin_aleksei@mail.ru