

## Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота

Сергей Т. Антипов<sup>1</sup> ast@vsuet.ru  
Виталий Ю. Овсянников<sup>1</sup> ows2003@mail.ru  
Александр А. Корчинский<sup>1</sup> 79192492267@ya.ru

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Реферат.** Актуальность более полного применения пищевой крови убойных животных обусловлена содержанием в ней белковых веществ с высокой усвояемостью организмом, по содержанию которых она может приравниваться к мясу. Однако часть переработанной и использованной крови на пищевые цели мясоперерабатывающей промышленностью составляет всего лишь 3%. Использование крови убойных животных в концентрированном виде позволяет использовать ее как один из важнейших источников белка животного происхождения и ряда других необходимых человеку веществ – жиров, углеводов, ферментов, витаминов и минеральных составляющих. Для частичного консервирования и одновременного повышения содержания полезных компонентов, входящих в состав крови ее следует концентрировать способами, позволяющими максимально сохранить весь комплекс веществ, входящих в ее состав. Перспективным методом является концентрирование вымораживанием влаги. Исследовано концентрирование крови крупного рогатого скота на установке циклического действия. Получены экспериментальные данные, отражающие изменение величины удельного количества вымороженного льда с единицы площади поверхности теплообмена вымораживающей установки и величину потерь растворимых веществ, содержащихся в крови, удаляемых с вымороженным льдом от основных режимных параметров работы вымораживающей установки. Установлено, что с уменьшением средней температуры стенки испарителя установки величина удельного количества вымороженного льда из крови крупного рогатого скота монотонно нелинейно повышается. Повышение начального содержания сухих растворимых веществ в исходной крови, поступающей на концентрирование с 18,0 до 28,0 % вызывает нелинейное снижение удельного количества вымороженного льда с единицы площади поверхности теплообмена. Отмечено, что снижение температуры кипения хладагента в испарителе вымораживающей установки обуславливает увеличение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, а повышение расхода крови крупного рогатого скота, омывающей испаритель вымораживающей установки наоборот вызывает снижение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда.

**Ключевые слова:** кровь крупного рогатого скота, концентрирование вымораживанием

## Study of the cattle blood concentrating

Sergei T. Antipov<sup>1</sup> ast@vsuet.ru  
Vitalii Yu. Ovsyannikov<sup>1</sup> ows2003@mail.ru  
Aleksandr A. Korchinskii<sup>1</sup> 79192492267@ya.ru

<sup>1</sup> Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Summary.** The urgency of more complete use of food blood of slaughter animals is due to the content of protein substances in it with a high digestibility of the organism, in terms of its content it can be equated to meat. However, the part of the processed and used blood for food purposes is only 3% by the meat processing industry. Using of the slaughter animals blood in concentrated form allows its use as one of the most important sources of animal origin protein and a number of other substances necessary for human being - fats, carbohydrates, enzymes, vitamins and mineral constituents. For partial canning and simultaneous increase in the content of useful components that make up the blood, it should be concentrated by the methods allowing maximum preservation of the entire complex of substances that make up its composition. A promising method is the concentration by moisture freezing. The concentration of cattle blood on a cyclic action plant was studied. Experimental data reflecting the change in the specific amount of freezed ice from the unit area of the heat exchange surface of the freezing plant and the loss of soluble substances contained in the blood removed from the frozen ice from the main operating parameters of the freezing plant were obtained. It was found out that with a decrease in the average temperature of the plant evaporator wall, the specific amount of frozen ice from the blood of cattle increases monotonically nonlinearly. An increase in the initial content of dry soluble substances in the initial blood entering the concentration from 18.0 to 28.0% causes a nonlinear decrease in the specific amount of freeze-dried ice from the unit area of the heat exchange surface. It was noted that a decrease in the boiling point of the refrigerant in the evaporator of the freezing plant causes an increase in the dry matter content of the solution obtained by melting the frozen ice, and an increase in the blood flow of cattle washing the evaporator of the freezing plant, on the contrary, causes a decrease in the solids content in the solution obtained by the frozen ice melting.

**Keywords:** cattle blood, concentration by freezing

Для цитирования  
Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 11–17. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-11-17

For citation  
Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinsky A.A. Study of the cattle blood concentrating. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 11–17. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-11-17

### Введение

В связи с возрастающими объемами производства мяса и мясной продукции в России увеличивается и количество вторичных продуктов переработки скота, к одним из которых относится кровь убойных животных, являющаяся богатейшим источником белков животного происхождения, что позволяет активно использовать ее в производстве колбасных изделий, полуфабрикатов, кормопродуктов, лечебных и технических фабрикатов. Важнейшее значение имеет кровь как исходное сырье для производства лекарственных средств, ассортимент которых достаточно обширен и разнообразен.

Для частичного консервирования и одновременного повышения содержания полезных компонентов, входящих в состав крови ее следует концентрировать способами, позволяющими максимально сохранить весь комплекс веществ, входящих в ее состав. Кроме того, кровь является хорошей питательной средой для размножения и последующего развития микроорганизмов.

Перспективным методом является концентрирование вымораживанием влаги [1–4]. Исследование характера влияния различных факторов на особенности протекания процесса выделения льда из крови крупного рогатого скота при ее концентрировании методом вымораживания влаги имеет важное научное и прикладное значение.

### Материалы и методы

В настоящей работе представлены исследования концентрирования крови крупного рогатого скота (КРС) вымораживанием с использованием установки циклического действия.

Экспериментальная установка (рисунок 1) для циклического концентрирования крови КРС содержит холодильный компрессорно-конденсаторный агрегат 1 на базе бессальникового герметичного компрессора марки ВСН-1250, с системой 2, осуществляющей контроль давления всасывания, нагнетания хладагента и температуры кипения хладагента.

Стекая, под действием силы тяжести, жидкая среда теряет часть жидкой фазы за счет вымораживания ее на теплообменной поверхности испарителя 10, за счет чего обеспечивается увеличение концентрации растворимых веществ крови. При достижении определенной концентрации растворимых веществ в сконцентрированной крови (КРС) процесс вымораживания влаги останавливают и сливают сконцентрированный раствор в емкость 15.

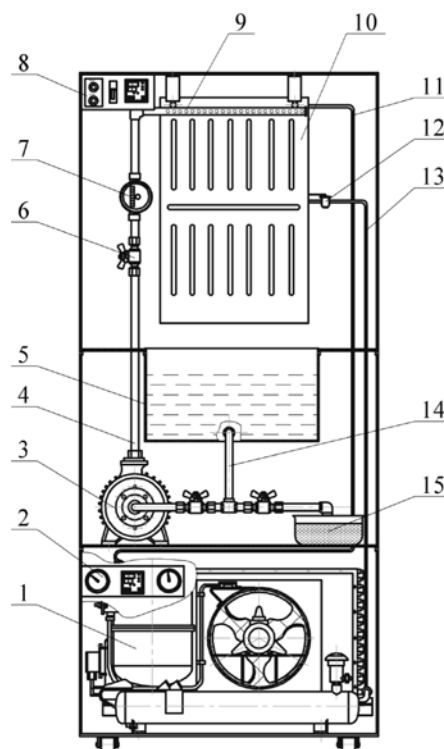


Рисунок 1. Экспериментальная установка для концентрирования крови крупного рогатого скота методом вымораживания влаги: 1 – агрегат холодильный; 2 – приборная панель; 3 – насос центробежный; 4 – магистраль напорная; 5 – бак напорный; 6 – вентиль напорной магистрали; 7 – счетчик жидкости; 8 – панель управления; 9 – коллектор – ороситель; 10 – испаритель – вымораживатель; 11 – трубопровод отвода паров хладагента; 12 – вентиль терморегулирующий; 13 – трубопровод подачи жидкого хладагента; 14 – магистраль отводная; 15 – емкость сборная сконцентрированного продукта

Figure 1. Experimental installation for the concentration of the blood of large livestock by the freezing out method of the moisture: 1 – aggregate is refrigeratory; 2 – the panel of cooling unit; 3 – pump is centrifugal; 4 – main is pressure; 5 – tank is pressure; 6 – the gate of force main; 7 – counter is liquid; 8 – control panel; 9 – collector is – irrigator; 10 – vaporizer is – freezer; 11 – the conduit of the outlet of vapors of refrigerant; 12 – gate control heating; 13 – the conduit of the supply of the liquid coolant; 14 – main is branch; 15 – capacity is composite of the concentrated product

Система подачи жидкости в напорный бак 5 вымораживающей установки марки Гидротех QB70 производительностью 300–1200 дм<sup>3</sup>/ч, мощностью 0,55 кВт, напорной магистрали 4 подается продукт в коллектор-ороситель 9 с регулировочными вентилями и счетчиком расходометром 6 марки СГВ-15 «Бетар» для контроля расхода жидкости, подаваемой в бак 5.

Система подачи хладагента во внутреннюю полость испарителя 10 состоит из холодильного агрегата 1, включающего поршневой герметичный компрессор, двухсекционный воздушный конденсатор, ресивер, фильтр-осушитель, терморегулирующий вентиль 12, чувствительный

баллон которого прикреплен к магистрали всасывания хладагента в компрессор, реле давления, соленоидные клапаны. В качестве холодильного агента в холодильной машине использовался «Фреон 22». Мощность холодильного агрегата позволяла при экспериментах получать температуру кипения холодильного агента от 263 до 253 К за счет варьирования холодопроизводительности вымораживающей установки. Давление во всасывающей и нагнетающей магистрали холодильного агрегата контролировалось при помощи манометров, размещенных на приборной панели 2.

Экспериментальная установка для концентрирования крови (КРС) методом вымораживания влаги позволяет достигнуть следующих результатов:

- обеспечить высококачественное концентрирование крови методом вымораживания с максимально полным сохранением всех биологически ценных веществ, содержащихся в исходном продукте;

- осуществить направленное регулирование содержания растворенных веществ в сконцентрированном продукте за счет контроля количества отводимого вымороженного льда;

- реализовать ресурсосберегающую технологию получения концентрированных жидких продуктов;

- осуществить выполнение требований стандарта или технических условий, отвечающих получению сконцентрированного продукта требуемого качества.

При проведении экспериментальных исследований была использована следующая методика проведения опытов.

После наружного осмотра установки включался в работу холодильный агрегат, открывали вентиль подачи хладагента в испаритель установки и осуществляли контроль температура кипения хладагента при помощи хромель-копелевой термопары.

Исходная кровь (КРС) из напорного бака 5 насосом 3 по напорной магистрали 4 подавалась в коллектор – ороситель, осуществляющий распыление исходного жидкого продукта в верхней части поверхности испарителя 10. Одновременно засекали время при помощи секундомера.

Требуемый расход продукта устанавливали путем предварительного изменения проходного сечения магистрали подачи крови за счет частичного перекрытия вентиля, установленного на ней.

В ходе эксперимента регистрировали показания температуры кипения хладагента в испарителе, давления всасывания и нагнетания компрессора, расход крови и продолжительность цикла вымораживания влаги. Одновременно осуществляли замеры силы тока и напряжения в цепи компрессора холодильного агрегата и насоса.

После истечения времени цикла вымораживания, принятом равным 60 минут отключали электродвигатель насоса, сливали остатки крови из напорного бака в емкость для сбора сконцентрированного продукта и переключали работу холодильного агрегата на режим «оттаивание». При этом за счет переключения соленоидных клапанов осуществлялась подача горячих паров хладагента из компрессора непосредственно в испаритель, что обеспечивало частичное подтаивание слоя льда, контактирующего с поверхностью испарителя и вымороженный лед свободно соскальзывал с его поверхности.

После цикла вымораживания определяли производительность установки по вымороженному льду, содержание сухих веществ в сконцентрированном продукте и растворе, полученном после расплавления вымороженного льда.

Для осуществления этой цели вымороженный лед помещался в заранее взвешенную колбу, и суммарный вес колбы со льдом определялся на аналитических весах.

Определение величины сухого вещества продукта, захваченного льдом, проводили следующим образом. Вымороженный лед расплавляли, термостатировали при температуре 20 °С и определяли содержание сухих веществ при помощи зеркального рефрактометра ИРФ-22.

### **Результаты и обсуждение**

Представляли интерес зависимости, отражающие изменение величины удельного количества вымороженного льда с 1 м<sup>2</sup> площади поверхности теплообмена вымораживающей установки и характер потерь растворимых веществ крови, удаляемых с вымороженным льдом от режимных параметров функционирования вымораживающей установки.

Анализ полученных зависимостей позволил сделать следующие выводы.

Изменение величины удельного количества вымороженного льда с 1 м<sup>2</sup> площади поверхности теплообмена вымораживающей установки (рисунки 2–4) с уменьшением средней температуры стенки испарителя монотонно нелинейно повышается, что характерно для физической сущности процесса формирования ледяной фазы при ее кристаллизации.

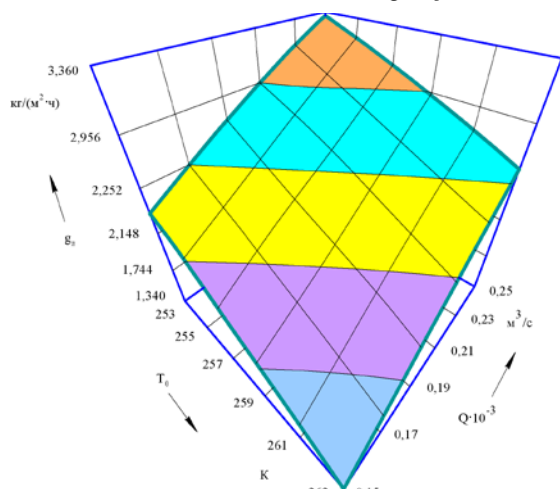


Рисунок 2. Изменение удельного количества вымороженного льда с  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена установки  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  при начальном содержании сухих веществ в продукте  $\text{CB}_{\text{н}} = 21,0 \%$  от температуры кипения хладагента в испарителе  $T_0$ , К и расходе исходного продукта  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$

Figure 2. Change of a specific quantity of frozen out ice from  $1 \text{ м}^2$  of the surface area of the heat exchange of the installation of  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  with the initial content of dry matter the product  $\text{CB}_{\text{н}} = 21,0 \%$  from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $T_0$ , to and the expenditure of the initial product  $Q$ , of  $\text{м}^3/\text{с}$

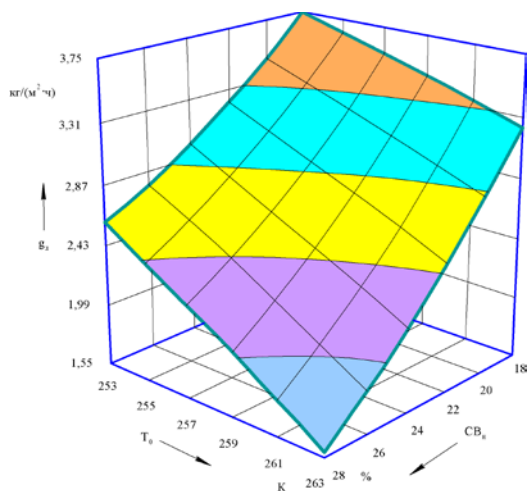


Рисунок 3. Изменение удельного количества вымороженного льда с  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена установки  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  при расходе исходного продукта  $Q = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , от температуры кипения хладагента в испарителе  $T_0$ , К и начального содержания сухих веществ в продукте  $\text{CB}_{\text{н}}$ , %

Figure 3. Change of a specific quantity of frozen out ice from  $1 \text{ м}^2$  of the surface area of the heat exchange of the installation of  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  with the expenditure of the initial product of  $Q = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $T_0$ , to and the initial content of dry matter in the product of  $\text{CB}_{\text{н}}$ , %

Увеличение расхода крови КРС, омывающей теплообменную поверхность испарителя вымораживающей установки вызывает увеличение удельного количества вымороженного льда. Это может быть объяснено повышением интенсивности процесса теплообмена на границе

раздела лед – кровь за счет некоторого увеличения коэффициента теплоотдачи.

Повышение начального содержания сухих растворимых веществ в исходной крови, поступающей на концентрирование с 18,0 до 28,0% вызывает нелинейное снижение удельного количества вымороженного льда с  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена.

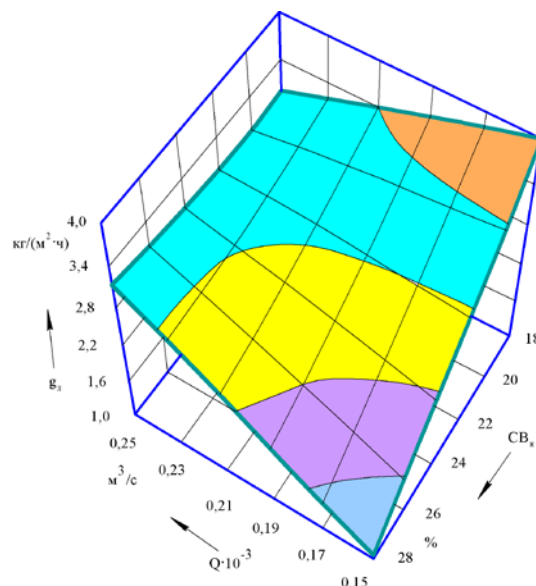


Рисунок 4. Изменение удельного количества вымороженного льда с  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности теплообмена установки  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  при температуре кипения хладагента в испарителе  $T_0 = 258 \text{ К}$  от расхода исходного продукта  $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$  от и начального содержания сухих веществ в продукте  $\text{CB}_{\text{н}}$ , %

Figure 4. Change of a specific quantity of frozen out ice from  $1 \text{ м}^2$  of the surface area of the heat exchange of the installation of  $g_{\text{л}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$  at a boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $T_0 = 258 \text{ К}$  from the expenditure of the initial product  $Q$ , of  $\text{м}^3/\text{с}$  from the initial content of dry matter in the product of  $\text{CB}_{\text{н}}$ , %

Наблюдаемое явление вызвано усилением характера связи между молекулами воды и растворимым веществом при концентрировании растворенных компонентов крови.

Характер изменения содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, от исследуемых режимных параметров работы вымораживающей установки представлен на рисунках 5–7.

Следует отметить, что снижение температуры кипения хладагента в испарителе вымораживающей установки обуславливает увеличение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, что может быть объяснено несоответствием взаимных скоростей миграции молекул воды и растворенных веществ крови КРС друг относительно друга под влиянием термического воздействия при значительном температурном перепаде [5].

При рецикле исходной крови и вымораживании влаги в виде льда на поверхности испарителя установки постепенно происходит накопление примесей в нем, и концентрация их постепенно повышается.

Очевидно, что захват растворенных веществ крови КРС в значительной мере зависит от механизма формирования кристаллов вымороженного льда. При неоднородности структуры льда наличие растворимых веществ в нем значительно больше, чем в случае однородной структуры.

Повышение расхода крови КРС, омывающей испаритель вымораживающей установки вызывает снижение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда. Это происходит вследствие интенсификации смывания более концентрированных слоев жидкости с поверхности формирования льда раствором с более низкой начальной концентрацией.

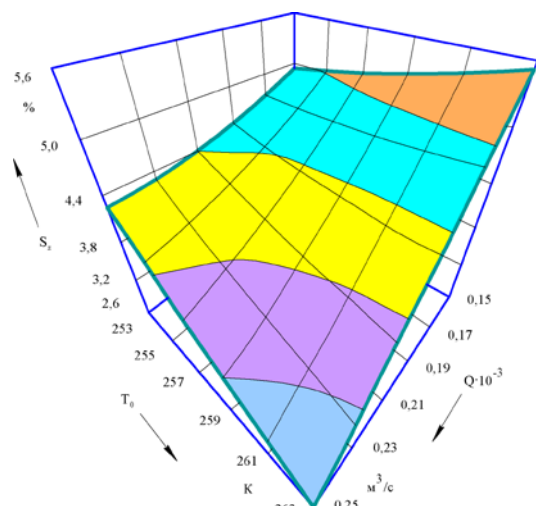


Рисунок 5. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда  $S_{л}$ , % при начальном содержании сухих веществ в продукте  $CB_n=19,0\%$  от температуры кипения хладагента в испарителе  $T_0$ , К и расходе исходного продукта  $Q$ ,  $m^3/c$

Figure 5. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of  $S_{л}$ , % with the initial content of dry matter in the product of  $CB_n = 19,0\%$  from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $t_0$ , to and the expenditure of the initial product  $Q$ , of  $m^3/s$

Результаты проведенных исследований содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда после концентрирования крови КРС от начального содержания сухих веществ в крови позволили заключить, что повышение начального содержания сухих веществ в крови обуславливает увеличение содержания растворимых веществ в растворе вымороженного льда.

Это происходит вследствие захвата значительного количества растворенного вещества крови КРС молекулами воды за счет молекулярных сил при соответствующих

скоростях диффузии и формировании кристаллической структуры ледяной фазы [6, 7].

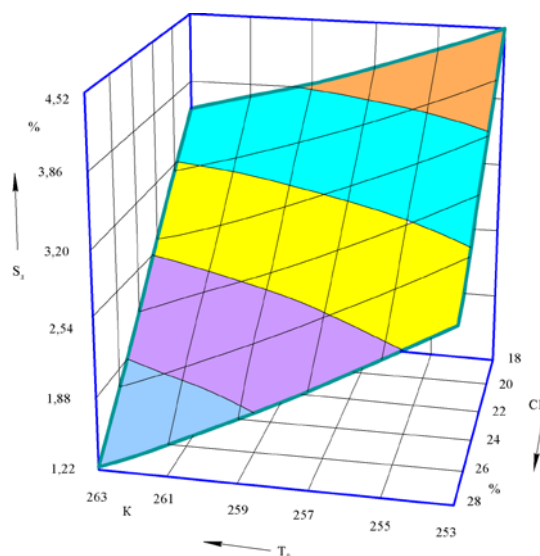


Рисунок 6. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда  $S_{л}$ , % при расходе исходного продукта  $Q=0,22 \cdot 10^{-3} m^3/c$ , от температуры кипения хладагента в испарителе  $T_0$ , К и начального содержания сухих веществ в продукте  $CB_n$ , %

Figure 6. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of  $S_{л}$ , % with the expenditure of the initial product of  $Q = 0,22 \cdot 10^{-3} m^3/s$ , from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $t_0$ , to and the initial content of dry matter in the product of  $CB_n$ , %

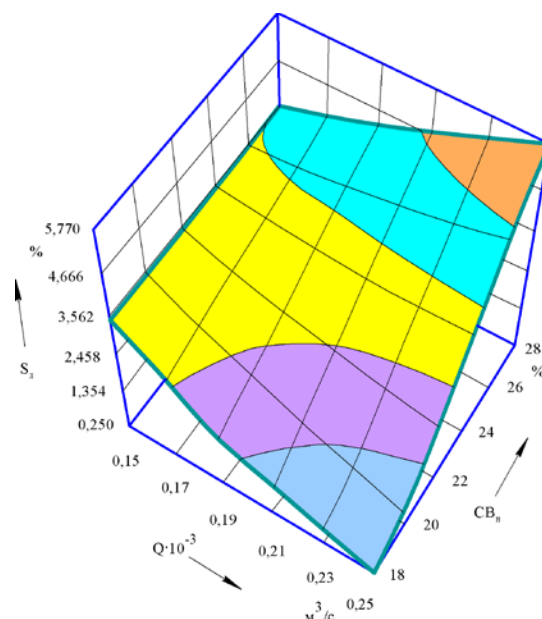


Рисунок 7. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда  $S_{л}$ , % при температуре кипения хладагента в испарителе  $T_0=257$  К от расхода исходного продукта  $Q$ ,  $m^3/c$  от и начального содержания сухих веществ в продукте  $CB_n$ , %

Figure 7. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of  $S_{л}$ , % at a boiling point of refrigerant in the vaporizer of  $T_0 = 257$  K on the expenditure of the initial product  $Q$ , of  $m^3/s$  from the initial content of dry matter in the product of  $CB_n$ , %

При этом значительное влияние на морфологическую структуру вымороженного льда оказывает скорость кристаллизации, зависящая в значительной степени от величины переохлаждения на границе раздела льда и жидкой фазы.

Добиться оптимальной величины захвата вымороженным льдом части растворенных веществ крови КРС можно варьированием режимов охлаждения и циркуляции крови у поверхности льда.

### Заключение

Обобщая полученные результаты при концентрировании крови КРС следует отметить, что эффективность процесса в вымораживающей установке циклического действия зависит от температуры кипения хладагента в испарителе,

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hashemi H., Babaee S., Mohammadi A.H., Naidoo P. et al. Experimental study and modeling of the kinetics of refrigerant hydrate formation // The Journal of Chemical Thermodynamics. 2015. V. 82. P. 47–52.
- 2 Williams P.M., Ahmad M., Connolly B.S., Oatley-Radcliffe D.L. Technology for freeze concentration in the desalination industry // Desalination. 2015. V. 356. P. 314–327
- 3 Матвеева Н.А., Лакисова Т.Ю. Концентрирование сливового сока методом вымораживания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 3. С. 123–134.
- 4 Гушин А.А. Концентрирование творожной сыворотки разделительным вымораживанием // Вестник Красноярского государственного университета. 2017. № 10 (133). С. 168–174.
- 5 Короткий И.А., Короткая Е.В., Федоров В.Е. Исследование температур замораживания свиной крови // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3(30). С. 27–31.
- 6 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование процесса охлаждения крови крупного рогатого скота // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1(71). С. 11–14.
- 7 Овсянников В.Ю. Концентрирование плазмы крови крупного рогатого скота вымораживанием // Мясная индустрия. 2013. № 7. С. 74–49.
- 8 Hernandez E., Pazmino N., Raventos M. et al. Continuous System of Freeze Concentration of Sucrose Solutions: Process Parameters and Energy Consumption // J Food Technol Pres. 2016. P. 1–5.
- 9 Hanim F., Hamid A., Rahim N.A., Johari A. et al. Desalination of sea water through progressive freeze concentration using a coil crystallizer // Water Science and Technology. 2015. №15(3). P. 625–631
- 10 Safiei N.Z., Jusoh M. Process Sequence Development for Automated Progressive Freeze Concentration System // Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering). 2014. № 69(3). P 81–86.

расходе крови, омывающей поверхность испарителя и начальной концентрации крови, подаваемой в установку. При этом количество вымороженного льда, удельные затраты энергии на концентрирование и величина потерь растворимых компонентов крови, в результате отделения вымороженного льда остаются вполне сопоставимыми с характеристиками ряда зарубежных аналогов [8–10].

Результаты выполненных исследований могут быть полезны при расчете процессов тепло- и массообмена в установках для концентрирования жидких сред методом вымораживания влаги, а также при проектировании и конструировании концентрирующей техники.

### REFERENCES

- 1 Hashemi H., Babaee S., Mohammadi A.H., Naidoo P. et al. Experimental study and modeling of the kinetics of refrigerant hydrate formation. The Journal of Chemical Thermodynamics. 2015. vol. pp. 47–52.
- 2 Williams P.M., Ahmad M., Connolly B.S., Oatley-Radcliffe D.L. Technology for freeze concentration in the desalination industry. Desalination. 2015. vol. 356. pp. 314–327
- 3 Matveeva N.A., Lakisova T.Ju. Concentration of plum juice the method of freezing. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO* [The scientific journal ITMO. Series: processes and apparatus of food production] 2014. no. 3. pp. 123–134 (in Russian).
- 4 Gushhin A.A. Concentration of curd whey by freezing. *Vestnik Krasnoyarskogo gosuniversiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk state University] 2017. no. 10 (133). pp. 168–174 (in Russian).
- 5 Korotky I.A., Korotkaya E.V., Fedorov V.E. Study of freezing temperatures of pig's blood. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and technology of food production] 2013. no. 3(30). pp. 27–31 (in Russian).
- 6 Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinsky A.A. Investigation of the process of cooling blood of cattle. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. vol. 79. no. 1 (71). pp.11–14 (in Russian).
- 7 Ovsjannikov V. Ju. Concentration of the plasma of the blood of large livestock by the freezing. *Mjasnaja industrija* [Meat industry] 2013. no. 7. pp. 74–49 (in Russian).
- 8 Hernandez E., Pazmino N., Raventos M. et al. Continuous System of Freeze Concentration of Sucrose Solutions: Process Parameters and Energy Consumption. *J Food Technol Pres.* 2016. pp. 1–5.
- 9 Hanim F., Hamid A., Rahim N.A., Johari A. et al. Desalination of sea water through progressive freeze concentration using a coil crystallizer. *Water Science and Technology.* 2015. no. 15(3). pp. 625–631
- 10 Safiei N.Z., Jusoh M. Process Sequence Development for Automated Progressive Freeze Concentration System. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering).* 2014. no. 69(3). pp. 81–86

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Сергей Т. Антипов** д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

**Виталий Ю. Овсянников** к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ows2003@mail.ru

**Александр А. Корчинский** аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 79192492267@ya.ru

#### **КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА**

**Сергей Т. Антипов** разработал концепцию исследований, консультации в ходе эксперимента

**Виталий Ю. Овсянников** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, обработал экспериментальные данные

**Александр А. Корчинский** провёл эксперимент, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

#### **КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**ПОСТУПИЛА 06.04.2018**

**ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.05.2018**

#### **INFORMATION ABOUT AUTHORS**

**Sergei T. Antipov** Dr. Sci. (Engin.), professor, vicerector of research and innovation, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru

**Vitalii Yu. Ovsyannikov** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ows2003@mail.ru

**Aleksandr A. Korchinskii** graduate student, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, 79192492267@ya.ru

#### **CONTRIBUTION**

**Sergei T. Antipov** it developed the concept of studies, consultation in the course of the experiment

**Vitalii Yu. Ovsyannikov** the survey of literary sources on the problem being investigated, processed the experimental data

**Aleksandr A. Korchinskii** it conducted experiment, wrote the manuscript, corrected it to the supply into the editorial staff and bears responsibility for the plagiarism

#### **CONFLICT OF INTEREST**

The authors declare no conflict of interest.

**RECEIVED 4.6.2018**

**ACCEPTED 5.14.2018**