



## Влияние энергосберегающих систем с использованием природного холода на энергоёмкость процесса охлаждения молока

**Алексей Борисович Коршунов,**  
кандидат технических наук, доцент,  
ведущий научный сотрудник,  
e-mail: koral314@yandex.ru;

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

**Реферат.** Снижение энергозатрат в технологических процессах охлаждения и хранения молока на фермах – актуальная задача. (*Цель исследования*) Сократить энергоёмкость процесса охлаждения молока на фермах при сохранении его качества. (*Материалы и методы*) Исследовали существующие и новые умные комбинированные системы охлаждения на основе рационального использования источников природного и искусственного холода со средствами его аккумуляции и экологически чистыми хладоносителями с низкой температурой заморозки. (*Результаты и обсуждение*) Определили зависимость количества энергии, которое может быть применено для охлаждения и хранения молока и рассеяно в окружающую среду, от потенциала природного холода района и места расположения технологического объекта. Разработали методику оценки потенциала природного холода для различных регионов страны. Установили требуемые ёмкости льдохранилищ для молочных ферм с различным поголовьем и годовым удоем. Представили диаграмму экономии электрической энергии при использовании природного холода для охлаждения молока на фермах на 400 голов с удоем 5000 литров в различных климатических регионах России. Показали, что значительная экономия энергии может быть получена в результате применения комбинированных аккумуляторов природного и искусственного холода с использованием экологически чистых хладоносителей с низкой температурой заморозки и грунтовых льдохранилищ, в которых замораживание грунта и воды осуществляется грунтовой охлаждающей термоустановкой с двухфазными термосифонами. (*Выводы*) Применение умных комбинированных систем охлаждения молока на фермах на основе рационального использования источников природного и искусственного холода со средствами его аккумуляции и экологически чистыми хладоносителями с низкой температурой заморозки позволяет сократить энергозатраты в 1,5-3 раза при сохранении качества продукта. Данные системы в различной конфигурации и комплектации эффективно использовать во всех агроклиматических регионах страны.

**Ключевые слова:** охлаждение молока, энергосбережение, природный холод, аккумуляция, экологически чистый хладоноситель, льдохранилище.

**Для цитирования:** Коршунов А.Б. Влияние энергосберегающих систем с использованием природного холода на энергоёмкость процесса охлаждения молока // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. №3. С. 39-44. DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-39-44.

## Influence of Energy-Saving Systems Using Natural Cold on the Energy Intensity of the Milk Cooling Process

**Aleksey B. Korshunov,**  
Ph.D.(Eng.), associate professor, leading researcher,  
e-mail: koral314@yandex.ru;

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** Reduction of energy consumption in technological processes of cooling and storage milk on farms is urgent task. (*Research purpose*) The research purpose is in reducing the energy intensity of the milk cooling process on farms while maintaining its quality. (*Materials and methods*) The authors conducted research to improve existing and create new smart combined cooling systems based on the rational use of natural and artificial cold sources with means of its accumulation and environmentally friendly coolants with low freezing point. (*Results and discussion*) The authors have found the dependence of the amount of energy that can be used for cooling and storage of milk and dispersed into the environment on the potential of natural cold of the area and the

location of the technological object. The article presents a methodology for assessing the potential of natural cold for different regions of Russia. According to the methodology, authors calculated the values of the ice storage capacities for dairy farms with different livestock and annual milk yield. The article presents the diagram of electric energy savings when using natural cold to cooling milk on farms of 400 heads with a yield of 5000 liters in different climatic regions of Russia. Significant energy savings can be obtained through the use of combined accumulators of natural and artificial cold using environmentally friendly coolants with low freezing point and ground ice storage, in which the freezing of soil and water is carried out due to the ground cooling thermal installation with twophase thermosyphons. (*Conclusions*) The use of smart combined milk cooling systems on farms on the basis of sources of natural and artificial cold with means of its accumulation and environmentally friendly coolants with low freezing point allows to reduce energy consumption in 1.5-3 times at preservation of its quality. At the same time, such systems in various configurations can be effectively used in all agroclimatic regions of the country.

**Keywords:** milk cooling, energy saving, natural cold, accumulation, environmen-tally friendly coolant, ice storage.

**For citation:** Korshunov A.B. Vliyaniye na energoemkost' protsessa ohlazhdeniya moloka energosberegayushchikh sistem s ispol'zovaniem prirodnogo holoda [Influence of energy-saving systems using natural cold on the energy intensity of the milk cooling process]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N3. 39-44 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-3-39-44.

**М**одернизация и цифровизация АПК с помощью энергосберегающих интеллектуальных установок, отвечающих современному научно-техническому уровню, – важная задача (Патент РФ № 2674895. Устройство и способ для охлаждения молока / Я.П. Лобачевский, С.А. Соловьев, А.Б. Коршунов, Б.П. Коршунов) [1-4].

Известно, что при производстве практически всех видов сельскохозяйственной продукции в нашей стране затрачивается энергии в несколько раз больше, чем в передовых странах, при этом доля вырабатываемой электроэнергии для производства холода постоянно увеличивается и в настоящее время уже превышает 20% [5]. Особенно это важно при охлаждении молока на фермах, так как в этой области сельскохозяйственного производства необходима реконструкция (модернизация) охлаждающих систем и наиболее серьезный ущерб экономика страны ощущает от недостаточной мощности и надежности холодильного оборудования.

Существующие технологии и оборудование для охлаждения и хранения имеют ряд недостатков, которые негативно влияют не только на качество и энергоемкость производимой сельскохозяйственной продукции, но и на экологию. Практически не применяется аккумуляция энергии холода, особенно в виде льда [6-13].

В последнее время для аккумуляции холода стали использовать льдосодержащие пульпы, имеющие различные названия: айс-сларри, бинарный лед, жидкий лед, зероторы и т.д. Однако в этих разработках не учитываются природные источники холода, и затраты электроэнергии на охлаждение и хранение сельскохозяйственной продукции остаются относительно высокими [14].

Поэтому снижение энергозатрат в технологических процессах охлаждения и хранения молока на фермах – актуальная задача.

**Цель исследования** – сократить энергоемкость процесса охлаждения молока на фермах при сохранении его качества.

**Материалы и методы.** Для решения указанных задач в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ проводят исследования по совершенствованию существующих и созданию новых умных комбинированных систем охлаждения на основе рационального применения источников природного и искусственного холода со средствами его аккумуляции и экологически чистыми хладоносителями (ЭЧХ) с низкой температурой замерзания [15].

Математическое моделирование и компьютерное программирование процесса охлаждения молока позволили определить конфигурацию теплообменных аппаратов (пластинчатого проточного теплообменника, приемника природного холода и т.д.), оптимальную конструкцию оборудования системы охлаждения с использованием природного холода и исследовать режимы ее работы в динамике.

При этом решаются основные вопросы по созданию технологических схем, оборудования и режимов работы энергосберегающих комбинированных систем охлаждения и хранения с использованием природного холода, льдоаккумуляторов, грунтовых льдохранилищ (ЛХ), ЭЧХ и систем автоматического (цифрового) управления.

**Результаты и обсуждение.** Количество энергии, которое может быть использовано для охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции и рассеяно в окружающую среду, находится в зависимости от потенциала природного холода района и места расположения технологического объекта. Он отражает максимальное экономически оправданное количество энергии природного холода, которое возможно применить для охлаждения сельскохозяйственной продукции в данном регионе при существующем уровне развития технических средств, технологий и соблю-



дении экологических норм.

Для определения влияния потенциала природного холода на энергоемкость сельскохозяйственной продукции была разработана методика оценки потенциала природного холода для различных регионов страны.

Потенциал каждого региона можно оценить, пользуясь так называемым региональным критерием природного холода атмосферного воздуха, численно равным величине толщины ледяного массива (столба), который может быть наморозен в этом районе в течение холодного времени года. Региональный критерий природного холода  $K_p$  рассчитывают из выражения:

$$K_p = \sum_{i=1}^{n_{\text{ХП}}} \delta_i \cdot f_i \quad (1)$$

где  $\delta_i$  – средневзвешенная интенсивность намораживания ледяного столба (массива) в  $i$ -м месяце, мм/ч;  $f_i$  – продолжительность периода намораживания в  $i$ -м месяце холодного периода, ч;  $n_{\text{ХП}}$  – количество месяцев в холодном времени года в агроклиматическом регионе.

Подставляя выражения для расчета интенсивности намораживания ледяного массива в данном агроклиматическом районе, получим развернутое выражение расчета регионального критерия потенциала природного холода:

$$K_p = \sum_{i=1}^{n_{\text{ХП}}} [K_1 \cdot t_i (1 + K_2 \cdot \omega)] \cdot f_i \quad (2)$$

где  $t_i$  – расчетная температура наружного воздуха в  $i$ -м месяце;  $K_1$ ,  $K_2$  – эмпирические коэффициенты влияния расчетной температуры и скорости ветра;  $\omega$  – скорость ветра, м/с;

Для выработки рекомендаций по размещению оборудования исследовали климатические характеристики и рассчитывали региональный критерий потенциала природного холода в следующих городах России: Барнауле, Волгограде, Вятке, Екатеринбурге, Иркутске, Казани, Краснодаре, Москве, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Ростове-на-Дону, Самаре, Санкт-Петербурге, Саратове, Ульяновске, Челябинске, Ярославле.

Анализ, проведенный по предлагаемому критерию, показал, что к первому региону, обладающему самым большим потенциалом природного холода, относятся зоны, расположенные севернее городов: Иркутск, Барнаул, Новосибирск, Вятка, Екатеринбург, Казань.

Ко второму региону относятся зоны с южной границей по окрестностям городов: Москва, Нижний Новгород, Ульяновск, Ярославль.

К третьему региону – зоны с городами: Краснодар, Санкт-Петербург, Ростов-на-Дону, Волгоград.

Выбор и обоснование конкретной энергосберега-

ющей системы производится в два этапа: по обобщенным агроклиматическим характеристикам района и требованиям к системе охлаждения в конкретном месте установки. При этом учитывают условия объекта по особенностям гидрогеологии и возможности землеотвода, по планировочным решениям производственных помещений, наличию и качеству систем водоснабжения, принятой технологии и режиму доения и транспортировки молока, ориентации производственных участков по сторонам света и другим факторам.

На объектах, расположенных в первом (северном) регионе с максимальным потенциалом холода, системы охлаждения объединяют функции аккумуляторов и приемников природного холода.

Во втором регионе в рекомендуемых системах охлаждения в качестве приемника природного холода могут быть использованы установки сезонного действия (УСД), действующие совместно с источниками искусственного холода, в качестве которых могут применяться парокомпрессионные или вакуум-испарительные установки. В холодное время используются УСД, а в теплое время – подзарядная холодильная машина с ограниченной установленной мощностью.

В третьем регионе предлагаются в основном системы комбинированного действия с применением в качестве источника вторичного холода грунта и грунтовой воды.

Для практических расчетов потенциал природного холода может оцениваться в баллах и рассчитываться из выражения:

$$P_{\text{ПХ}} = \frac{H_j}{P} \quad (3)$$

где  $P_{\text{ПХ}}$  – потенциал природного холода наружного воздуха  $i$ -го региона;  $H_j$  – расчетная высота ледяного массива, намораживаемого за год в месте расположения сельхозобъектов;  $P$  – цена балла.

С помощью балльной оценки также выделены три региона, где  $P_{\text{ПХ}}$  и режимы эксплуатации охлаждающих систем, использующих природный холод, будут существенно различаться. Климатические характеристики и города – типопредставители этих регионов представлены в *таблице 1*.

Параметры для городов – типопредставителей основных регионов получены с помощью соотношения температур наружного воздуха в отдельных регионах и продолжительности их стояния по данным АО «CLIMATE GROUP TM».

При применении ЛХ в системах охлаждения молока на фермах можно обойтись без источников искусственного холода и в центральном регионе.

Использование ЛХ в системах охлаждения молока на фермах позволяет не только снизить затраты электроэнергии, но и повысить надежность процесса, при сохранении высокого качества молока.

Регионы Regions	Города Cities	Средняя температура в холодный период года, $X_1$ , °C Average temperature during the cold season, $X_1$ , °C	Продолжительность холодного периода, $X_2$ , сут Duration of the cold season, $X_2$ , days	Скорость ветра в холодный период года, $X_3$ , м/с Wind speed during the cold season, $X_3$ , m/s	Потенциал природного холода наружного воздуха, $P_{ПХ}$ , баллы Potential of natural cold of external air, $P_{ПХ}$ , points
Северный Northern	Иркутск Irkutsk	-8,9	241	2,8	>80
Центральный Central	Москва Moscow	-3,2	205	4,9	60...80
Южный South	Краснодар Krasnodar	+1,5	152	3,6	<60

Ключевым фактором, определяющим аккумулирующую способность ЛХ, служит его вместимость. В результате проведенных исследований выявлены значения требуемых емкостей ЛХ для молочных ферм на 100, 200 и 400 коров с годовым удоем от одной коровы 4000, 5000 и 6000 л соответственно (табл. 2).

Как следует из диаграммы, использование разрабатываемых энергоресурсосберегающих экологически безопасных охлаждающих систем позволит уменьшить энергозатраты на выработку холода для животноводческой фермы в зависимости от региона от 2 до 5 раз.

Поголовье, гол. Livestock, number	Годовой удой от одной коровы, л/год / Annual milk yield from one cow, liter per year					
	с предварительным охлаждением with pre-cooling			без предварительного охлаждения without pre-cooling		
	4000	5000	6000	4000	5000	6000
100	75	90	110	150	187	225
200	150	188	225	300	375	450
400	300	375	450	600	750	900

Из таблицы 2 видно, что применение предварительного охлаждения молока уменьшает требуемую емкость ЛХ в 2 раза.

На рисунке 1 представлена диаграмма экономии электрической энергии при использовании природного холода для охлаждения молока на фермах на 400 гол. с удоем 5000 л в различных климатических регионах России.

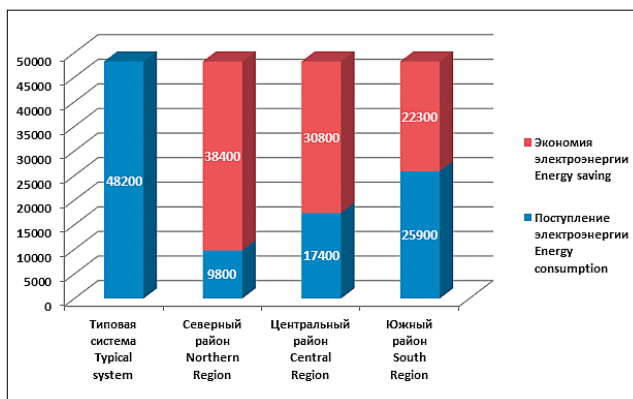


Рис. 1. Диаграмма экономии электрической энергии на охлаждение молока в различных регионах России, кВт·ч в год (ферма на 400 гол.)

Fig. 1. Diagram of energy saving for cooling milk in different regions of Russia, kW·h per year (farm for 400 heads)

Значительная экономия энергии может быть получена в результате применения в системах для охлаждения молока на фермах комбинированных аккумуляторов природного и искусственного холода с использованием ЭЧХ (рис. 2).

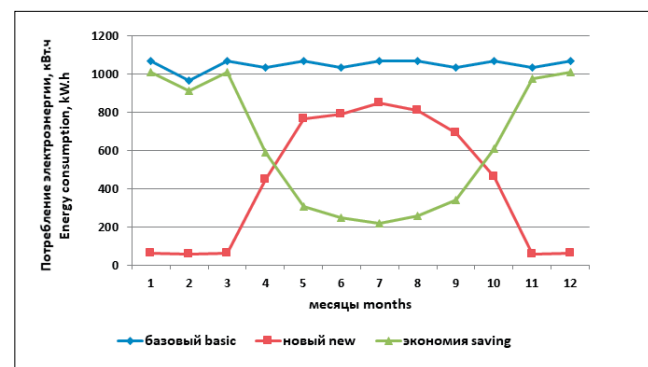


Рис. 2. График потребления электроэнергии по месяцам для базового и нового варианта на ферме на 50 гол. (Московский регион)

Fig. 2. Energy consumption by month for basic and a new option on the farm for 50 heads (Moscow region)

На рисунке 3 представлен разработанный в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ энер-



Рис. 3. Энергосберегающий модуль для охлаждения молока на фермах с использованием природного холода и экологически безопасных хладоносителей с низкой температурой заморзания  
Fig. 3. Energy-saving module for cooling milk on farms using natural cold and environmentally friendly coolants with low freezing point

госберегающий модуль, позволяющий охлаждать молоко с помощью природного холода и экологически безопасных хладоносителей с низкой температурой заморзания.

В настоящее время в Федеральном научном агроинженерном центре ВИМ проводят исследования по разработке технологии охлаждения и хранения при помощи комбинированных аккумулирующих установок с ЭЧХ и грунтовых льдохранилищ, в которых

замораживание грунта и воды осуществляется за счет грунтовой охлаждающей термоустановки (ГТУ) с двухфазными термосифонами.

Каждый двухфазный термосифон за активный (холодный) период своей работы намораживает ледяной цилиндр в воде или грунте, а в совокупности все установленные термосифоны могут замораживать грунтовой массив практически любой конфигурации и объема.

Грунтовые охлаждающие термоустановки включаются в работу автоматически при температурах атмосферного воздуха ниже температуры грунта, они не требуют затрат электроэнергии, обслуживания, срок службы составляет десятки лет, а использование ЭЧХ дает возможность повысить надежность процесса охлаждения и хранения молока в течение всего года без применения холодильных машин.

Предложенную технологию можно использовать для охлаждения молока практически сразу же после дойки, что обеспечивает сохранность его высоких качеств, а оборудование может быть установлено и в условиях самых удаленных животноводческих ферм, комплексов и на пастбищах, так как здесь имеется возможность наиболее эффективно применять источники природного холода, при этом повышается надежность процесса охлаждения, энергозатраты снижаются в 1,5-3 раза в зависимости от региона страны, где установлено оборудование.

**Выводы.** Применение умных комбинированных систем охлаждения молока на фермах на основе рационального использования источников природного и искусственного холода со средствами его аккумуляции и экологически чистыми хладоносителями с низкой температурой заморзания позволяет сократить энергозатраты в 1,5-3 раза при сохранении качества продукции. При этом такие системы в различной конфигурации и комплектации могут быть эффективно использованы во всех агроклиматических регионах страны.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов Ю.А. Цифровое животноводство: перспективы развития // *Вестник ВНИИМЖ*. 2019. N1(33). С. 4-7.
2. Кормановский, Л.П. И малым фермам нужны высокие технологии и современная техника // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2016. N4(19). С. 98-102.
3. Тихомиров И.А., Андрияшина О.Л., Скоркин А.В. Ресурсосберегающие технологии производства высококачественного молока // *Вестник ВНИИМЖ*. 2017. N4(28). С. 92-98.
4. Цой Ю.А. Процессы и оборудование доильно-молочных отделений животноводческих ферм. М.: ВИЭСХ. 2010. 424 с.
5. Калнинь И.Н. Энергоэффективность и экологическая безопасность холодильных систем // *Холодильная техника*. 2008. N3. С. 12-14.
6. «SMART ICE» – умная система получения ледяной воды с аккумуляцией холода // *Молочная промышленность*. 2013. N7. С. 71-72.
7. Rodrigo A. Jordan I, Luis A. B. Cortez, Vivaldo Silveira Jr., Mário E. R. M. Cavalcanti- Mata, Fellipe D. de Oliveira. Modeling and testing of an ice bank for milk cooling after milking. *Engenharia Agrícola*. Jaboticabal. 2018. Vol. 38. N4. 510-517.
8. Durmaz U., Ozdemir M., Pehlivan H. An experimental investigation into heat transfer in milk cooling vessels. *Scientia Iranica B*. 2018. N25(3). 1258-1265.
9. Victor Torres-Toledo, Alice Hack, Farah Mrabet, Ana Salvatierra-Rojas, Joa-chim Müller. On-farm milk cooling solution based on insulated cans with integrated ice compartment.

*International Journal of Refrigeration*. 90. 2018. 22-31.

10. Lee A.P., Barbano D.M., Drake M.A. Short communication: The effect of raw milk cooling on sensory perception and shelf life of high-temperature, short-time (HTST)–pasteurized skim. *Milk. Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99. N12, 9659-9667.

11. Завражнов А.И., Козловцев А.П., Квашенников В.И. и др. Круглогодичное использование природного холода в условиях молочно-товарных ферм Южного Урала: рекомендации. Мичуринск: Издательство Мичуринского ГАУ, 2016. 61 с.

12. Козловцев А.П., Квашенников В.И., Константинов М.М. и др. Секционный аккумулятор природного холода для охлаждения молока на фермах // *Известия Самарской ГСХА*. 2016. Т. 1 N4. С. 43-46.

1. Ivanov Yu.A. Tsifrovoye zhivotnovodstvo: perspektivy razvitiya [Digital farming: prospects of development]. *Vestnik VNIIMZh*. 2019. N1(33). 4-7 (In Russian).

2. Kormanovskiy L.P. I malym fermam nuzhny vysokie tekhnologii i sovremennaya tekhnika [And small farms need high technologies and modern equipment]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2016. N4(19). 98-102 (In Russian).

3. Tikhomirov I.A., Andryukhina O.L., Skorkin A.V. Resursoberegayushchie tekhnologii proizvodstva vysokokachestvennogo moloka [Resource-saving technologies of high-quality milk production]. *Vestnik VNIIMZh*. 2017. N4(28). 92-98 (In Russian).

4. Tsoy Yu.A. Protsessy i oborudovanie doil'no-molochnykh otdeleniy zhivotnovodcheskikh ferm [Processes and equipment of the milking of the dairy livestock farms offices]. Moscow: VIESH. 2010. 424 (In Russian).

5. Kalnin' I.N. Energoeffektivnost' i ekologicheskaya bezopasnost' kholodil'nykh sistem [Energy Efficiency and Environmental Safety of Refrigeration Systems]. *Kholodil'naya tekhnika*. 2008. N3. 12-14 (In Russian).

6. «SMART ICE» – umnaya sistema polucheniya ledyanoy vody s akkumulyatsiyey kholoda [“SMART ICE” clever system for getting ice water with accumulation of cold]. *Molochnaya promyshlennost'*. 2013. N7. 71-72 (In Russian).

7. Rodrigo A. Jordan, Luís A. B. Cortez, Vivaldo Silveira Jr., Mário E. R. M. Cavalcanti-Mata, Felipe D. de Oliveira. Modeling and testing of an ice bank for milk cooling after milking. *Engenharia Agrícola. Jaboticabal*. 2018. Vol. 38, N4, 510-517.

8. Durmaz U., Ozdemir M., Pehlivan H. An experimental investigation into heat transfer in milk cooling vessels. *Scientia Iranica B*. 2018. N25(3), 1258-1265

9. Victor Torres-Toledo, Alice Hack, Farah Mrabet, Ana

13. Лапшин В.Д. Способы получения льдосодержащих пульп // *Холодильная техника*. 2013. N6. С. 46-49.

14. Коршунов А.Б., Иванов В.В., Коршунов Б.П. Повышение энергоэффективности оборудования для охлаждения молока с использованием природного холода. М.: ВИМ. 2019. 128 с.

15. Коршунов Б.П., Коршунов А.Б. Аккумуляция холода: резерв повышения энергоэффективности охлаждения и хранения сельскохозяйственной продукции // *Вестник ВИЭСХ*. 2018. N1(30). С. 38-44.

### REFERENCES

Salvatierra-Rojas, Joa-chim Müller. On-farm milk cooling solution based on insulated cans with integrated ice compartment. *International Journal of Refrigeration*. 90. 2018. 22-31.

10. Lee A.P., Barbano D.M., Drake M.A. Short communication: The effect of raw milk cooling on sensory perception and shelf life of high-temperature, short-time (HTST)–pasteurized skim. *Milk. Journal of Dairy Science*. 2016. Vol. 99. N12, 9659-9667.

11. Zavrazhnov A.I., Kozlovtssev A.P., Kvashennikov V.I. et al. Kruglogodovoye ispol'zovanie prirodnogo kholoda v usloviyakh molochno-tovarnykh ferm Yuzhnogo Urala: rekomendatsii [Year-round use of natural cold in dairy farms in the Southern Urals: recommendations]. Mичуринск: Izdatel'stvo Michurinskogo GAU, 2016. 61 (In Russian).

12. Kozlovtssev A.P., Kvashennikov V.I., Konstantinov M.M. et al. Sektsionnyy akkumulyator prirodnogo kholoda dlya okhlazhdeniya moloka na fermakh [Section battery of natural cold for cooling milk on farms]. *Izvestiya Samarskoy GSKhA*. 2016. Vol. 1 N4. 43-46 (In Russian).

13. Lapshin V.D. Sposoby polucheniya l'dosoderzhashchikh pul'p [Methods for producing ice-containing pulps]. *Kholodil'naya tekhnika*. 2013. N6. 46-49 (In Russian).

14. Korshunov A.B., Ivanov V.V., Korshunov B.P. Povyshenie energoeffektivnosti oborudovaniya dlya ohlazhdeniya moloka s ispol'zovaniem prirodnogo holoda [Improving the energy efficiency of milk cooling equipment using natural cold]. Moscow: VIM. 2019. 128 (In Russian).

15. Korshunov B.P., Korshunov A.B. Akkumulyatsiya kholoda: rezerv povysheniya energoeffektivnosti okhlazhdeniya i khraneniya sel'skokhozyaystvennoy produktsii [Accumulation of cold: reserve for improving the energy efficiency of cooling and storage of agricultural products]. *Vestnik VIESH*. 2018. N1(30). 38-44 (In Russian).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 01.06.2020**  
**The paper was submitted**  
**to the Editorial Office on 01.06.2020**

**Статья принята к публикации 28.08.2020**  
**The paper was accepted**  
**for publication on 28.08.2020**