

005002003

ЗВЕРЕВ СЕМЁН СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА ДЛЯ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ
МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Специальность 05.18.04 - Технология мясных, молочных и
рыбных продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

24 НОЯ 2011

Кемерово - 2011

Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЯНИИСХ РАСХН)

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Абрамов Алексей Федорович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Короткий Игорь Алексеевич

Член-кор. Россельхозакадемии,
доктор биологических наук, профессор
Мотовилов Константин Яковлевич

Ведущая организация: Государственное научное учреждение Си-
бирский научно-исследовательский институ-
т сыроделия Россельхозакадемии

Защита состоится 14 декабря 2011 г. в 12 часов на заседании диссер-
тационного совета Д 212.089.01 в ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологи-
ческий институт пищевой промышленности» по адресу: 650056, г. Кемерово,
бульвар Строителей, 47, тел/факс (3842) 39-68-88.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО
«Кемеровский технологический институт пищевой промышленности».

Автореферат разослан «13» ноября 2011 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Н.Н. Потипаева

На правах рукописи

ЗВЕРЕВ СЕМЁН СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ЕСТЕСТВЕННОГО ХОЛОДА ДЛЯ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО КОНСЕРВИРОВАНИЯ
МОЛОКА И МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

Специальность 05.18.04 - Технология мясных, молочных и
рыбных продуктов и холодильных производств

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Кемерово - 2011



Работа выполнена в Государственном научном учреждении «Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ЯНИИСХ РАСХН)

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Абрамов Алексей Федорович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Короткий Игорь Алексеевич

Член-кор. Россельхозакадемии,
доктор биологических наук, профессор
Мотовилов Константин Яковлевич

Ведущая организация: Государственное научное учреждение Си-
бирский научно-исследовательский инсти-
тут сыроделия Россельхозакадемии

Защита состоится 14 декабря 2011 г. в 12 часов на заседании диссер-
тационного совета Д 212.089.01 в ФГБОУ ВПО «Кемеровский технологи-
ческий институт пищевой промышленности» по адресу: 650056, г. Кемерово,
бульвар Строителей, 47, тел/факс (3842) 39-68-88.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО
«Кемеровский технологический институт пищевой промышленности».

Автореферат разослан « ____ » ноября 2011 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Н.Н. Потипаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В последние годы наблюдается повышение интереса к использованию естественного холода в переработке и хранении продуктов питания. Увеличению интереса к использованию естественного холода способствует, прежде всего, глобальное обострение энергетических проблем. Растущее промышленное производство требует увеличения энергопотребления, это ведет к постоянному повышению стоимости энергии. 67% производимой в России электроэнергии, 64% мирового производства электроэнергии вырабатывается тепловыми электростанциями за счет ископаемого топлива. Расходование на выработку электроэнергии ископаемого топлива ведет к сокращению его ресурсной базы, увеличению стоимости добычи, повышению стоимости сырья и, соответственно к дополнительному увеличению стоимости электроэнергии.

Производство электроэнергии также сопровождается обострением экологических проблем. Сжигание энергоносителей при производстве электроэнергии в тепловых электростанциях сопровождается выбросом в атмосферу углекислого газа – вещества, присутствие которого в атмосфере создает парниковый эффект. Кроме того, большие опасения ученых вызывает разрушение озонового слоя земной атмосферы. В связи с тем, что широко применяющиеся в холодильной промышленности в качестве хладагентов, фреоны, достаточно инертные для химического взаимодействия с компонентами земной атмосферы вещества, легко реагируют с озоном, что является одной из причин уменьшения озонового слоя Земли. В последние годы мировое сообщество приняло ряд жестких законов, ограничивающих использование, и запрещающих производство некоторых фреонов, используемых в холодильной технике. Все это ведет к глобальной перестройке холодильной промышленности, стимулирует развитие экологически безопасных холодильных производств. Технологии использования естественного холода в наибольшей степени отвечают принципам повышения энергоэффективности производства и хранения продуктов питания, увеличения экологической безопасности производства. Широкому внедрению естественного холода в технологические процессы производства и хранения пищевых продуктов должно предшествовать создание эффективных технологий использования естественного холода, а также внедрение в серийное производство оборудования позволяющего осуществлять низкотемпературную обработку и термостабилизацию за счет использования естественного холода.

В настоящее время во многих странах принимаются государственные, региональные программы по энергосбережению, в которые включаются разделы по использованию естественного холода в переработке и хранении продуктов питания. Правительства некоторых стран финансируют НИР по данной проблеме.

В Якутии интерес к использованию естественного холода связан с климатическими условиями и традициями. Якутия является самым холодным регионом в мире, где постоянно проживают люди. Большая часть территории Якутии отно-

сится к территориям сплошного распространения многолетнемерзлых грунтов. В связи с этим Якутия имеет преимущество перед другими регионами Земли в использовании естественного холода в переработке и хранении продуктов питания.

Существующие в настоящее время в Якутии ледники имеют явно выраженные конструктивные и технологические недостатки. Существующие конструкции холодильного технологического оборудования с использованием естественного холода не нашли широкого применения на практике ввиду различных факторов, важнейшими из которых, на наш взгляд, являются сложность обеспечения стабильного температурного режима процессов низкотемпературной обработки, а также низкий уровень механизации технологий использования естественного холода в пищевых производствах.

Настоящая работа выполнена в рамках решения задач повышения эффективности использования естественного холода в производстве и хранении молока и молочных продуктов на действующих сельскохозяйственных предприятиях Якутии.

Цель и задачи исследования. Целью исследования является разработка технологии использования естественного холода для низкотемпературного консервирования молока и молочных продуктов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить геофизиологические и климатические особенности Республики Саха (Якутии) для разработки технологий использования естественного холода и технологического оборудования использующего естественный холод для низкотемпературной обработки молока и молочных продуктов;

- провести сравнительный анализ конструктивных особенностей и температурных режимов, существующих в Республике Саха (Якутии) сооружений для хранения продуктов питания с использованием естественного холода;

- с учетом геофизиологических и климатических особенностей Якутии разработать усовершенствованные конструкции ледников, предназначенных для хранения охлажденных и замороженных продуктов питания;

- разработать холодильное оборудование, использующее естественный холод, для эффективного охлаждения молока в технологиях его переработки в зимнее время;

- разработать технологию аккумуляции естественного холода для обеспечения переработки и хранения молока и молочных продуктов в летний период работы молочной фермы;

- разработать технологию низкотемпературной обработки молока и молочных продуктов использующую заготовленный в холодный период естественный холод на молочной ферме.

Научная новизна. На основании исследования конструктивных особенностей ледяных складов и ледников, расположенных на территории Республики Саха (Якутии) выработаны требования к конструкциям холодильных установок

с использованием естественного холода для районов Крайнего Севера.

Разработана установка для охлаждения молока за счет холодного наружного воздуха для районов Крайнего Севера, на которую получен патент РФ (Российской Федерации) на изобретение.

Впервые разработана теоретическая модель ледника для хранения замороженных продуктов питания и обоснован выбор рациональной глубины размещения такого ледника относительно уровня земли в условиях Республики Саха.

На основании теоретических исследований разработана усовершенствованная конструкция ледника для хранения замороженных продуктов питания в условиях Республики Саха (Якутии), на которую получены 2 патента РФ на изобретение;

Практическая ценность.

Разработанные наземные ледники и льдохранилища на молочных фермах Якутии позволяют фермерским хозяйствам без приобретения энергопотребляющего холодильного оборудования с наименьшими затратами электроэнергии охлаждать и хранить молоко и молочную продукцию в летнее время. Это значительно уменьшит потери молочной продукции, сократит издержки производителей на ее производство, что, в свою очередь, будет способствовать увеличению доходов фермерских хозяйств.

Холодильные установки, использующие естественный холод в холодный период года, позволят удлинить срок службы дорогостоящего энергопотребляющего холодильного оборудования, уменьшат затраты электроэнергии. Внедрение установок, использующих естественный холод, будет способствовать увеличению доходов предприятий, занимающихся производством, переработкой молока, и тем самым, способствовать развитию производства и переработки молока в Якутии.

Использование разработанных нами ледников для летней фермы позволит фермерским хозяйствам перерабатывать молоко на месте и хранить полученную молочную продукцию без использования энергопотребляющего оборудования в летнее время при наличии нестабильного транспортного обеспечения, с тем, чтобы реализовать ее в зимнее время, когда работа транспортной системы Якутии более стабильна. Это будет способствовать увеличению объема производимой фермерскими хозяйствами товарной продукции и, тем самым, повышению их доходов.

На основе проведенных исследований разработаны:

- рекомендации по ремонту, реконструкции и эксплуатации наземного ледника Крылова СПК (Сельскохозяйственный перерабатывающий потребительский кооператив) «Таатта» в с. Ытык-Кюель Республики Саха (Якутии);
- рекомендации по реконструкции и эксплуатации подземного естественного холодильника СПК «Таатта» в с. Ытык-Кюель Республики Саха (Якутии);
- рекомендации по совершенствованию и эксплуатации ледника ООО «Кымыс» в с. Абага Республики Саха (Якутии).

Апробация работы. Основные положения и выводы диссертации были обсуждены на III-й республиканской научно-практической конференции «Бу-

дущее якутского села» (ЯГСХА, 2000) и на научно-практической конференции, посвященной 50-летию юбилею ЯНИИСХ (2006).

Публикация результатов исследования. По результатам исследований опубликованы 9 печатных работ, в том числе, 5 статей, из них 2 в журналах, рекомендованных ВАК для публикации материалов диссертационных исследований – «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», «Зоотехния», 1 монография (в соавторстве), 3 патента РФ на изобретения в соавторстве.

Основные положения, выносимые на защиту.

– обоснование конструктивных особенностей установки для охлаждения молока с использованием наружного холодного воздуха в условиях Республики Саха (Якутии);

– конструкция холодильной установки с использованием наружного холодного воздуха, предназначенная для охлаждения молока в условиях Республики Саха (Якутии);

– конструкция наземного льдохранилища для летней фермы в условиях Республики Саха (Якутии);

– научные основы устройства и эксплуатации сооружений, предназначенных для хранения замороженных продуктов питания с использованием естественного холода в условиях Республики Саха (Якутии);

– конструкция ледника для переработки и хранения молока, молочных продуктов для летней фермы в условиях Республики Саха (Якутии);

– усовершенствованная конструкция ледника для хранения замороженных продуктов питания в условиях Республики Саха (Якутии).

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 132 страницах основного текста, содержит 36 рисунков, 15 таблиц, библиографический список включает 178 наименований.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного текста, выводов, 8 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Основной объём теоретических и экспериментальных исследований выполнен в государственном научном учреждении Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук и в производственных условиях.

Общая схема исследований приведена на рисунке 1. Весь цикл экспериментальных исследований состоял из пяти взаимосвязанных этапов.

На первом этапе исследовались геокриологические возможности Республики Саха (Якутии) для строительства холодильных сооружений различного типа, использующих естественный холод.

На втором этапе были выявлены технологические особенности использования естественного холода для охлаждения молока посредством исполь-

зования естественного холода и с учетом этих особенностей разрабатывались принципы проектирования технологического оборудования, использующего естественный холод для охлаждения молока и молочной продукции.



Рис. 1 Общая схема проведения исследований

На третьем этапе исследовались различные конструктивные особенности изготовления ледников для применения их в различных климатических зонах Якутии и других районов Крайнего Севера.

На четвертом этапе разрабатывались технологические принципы использования естественного холода в молочном производстве малых фермерских хозяйств.

На пятом этапе, на основании вышеприведенных исследований были разработаны рекомендации производству по реконструкции и эксплуатации действующих естественных холодильников. Кроме того, были произведены расчеты технико-экономических показателей холодильных установок, использующих естественный холод.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка технологических принципов использования естественного холода для низкотемпературной обработки и хранения молока и молочных продуктов в условиях Крайнего Севера

Исследования динамики изменения температурных режимов якутских ледников

Для оценки эффективности применения различных типов сооружений, предназначенных для низкотемпературной обработки и хранения пищевых продуктов, нами были изучены климатические и геофизиологические особенности различных климатических зон территории Республики Саха (Якутии). На рисунке 2 приведены результаты измерений температуры грунта и воздуха в городах Якутске и Среднеколымске в течение года.

Данные по динамике изменений температуры грунта показывают, что зимой в нижних горизонтах грунта теплее, чем в верхних слоях. А с увеличением глубины грунта в нем устанавливается более стабильный температурный режим.

В 1999, 2007 и 2009 годах велись наблюдения за температурными режимами ледников Крылова в с. Чурапча, в п. Бестях и в двух ледниках в г. Якутске. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1. Температурные режимы ледников Крылова (в °С)

Месяц	с. Чурапча 1999 г.	п. Бестях 2007 г.	г. Якутск I 2001 г.	г. Якутск II 2009 г.
февраль	-25	-20	-23	-22
апрель	-13	-6	-10	-11
июнь	-10	-3	-8	-8
июль	-8	-3	-6	-5
август	-5	-2	-4	-3
сентябрь	-3	-2	-3	-2
октябрь	-2	-2	-3	-2

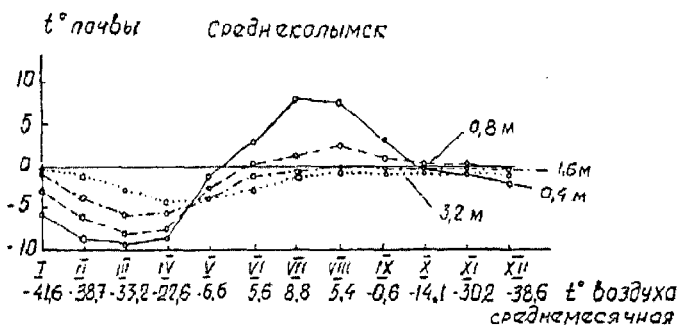
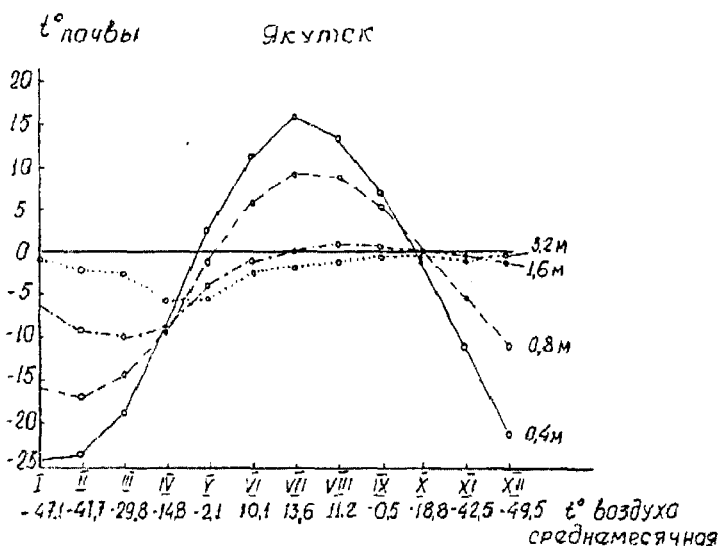


Рис. 2 Динамика изменения температуры грунта и воздуха в г. Якутск и в г. Среднеколымск

Как видно из таблицы 1, температурные режимы в существующих ледниках Крылова уже в июне не приемлемы для хранения замороженных продуктов.

Были произведены исследования температурных режимов подземных ледников в г. Якутске и с. Чурапча. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Приведенные результаты исследований свидетельствуют, что в подземном холодильнике в с. Чурапча уровень температур вплоть до июля месяца приемлем для хранения замороженных продуктов, а с начала августа

уже недостаточен для хранения замороженного мяса и мясопродуктов. Подземный холодильник в г. Якутске дополнительно оснащен двумя холодильными машинами, которые включаются по мере необходимости при повышении температуры воздуха в термостатируемом объеме, что позволяет стабилизировать температурный режим и обеспечить круглогодичную работу холодильника.

Таблица 2. Температурные режимы подземных естественных холодильников (в °С)

Месяц	с. Чурапча 1999 г.	г. Якутск 2007 г.
февраль	- 21	- 20
апрель	-18	- 13
июнь	-17	- 14
июль	- 16	-13
август	-11	- 13
октябрь	- 6	-12
ноябрь	-6	- 13

Использование естественного холода при низкотемпературной обработке и хранении пищевых продуктов для районов Крайнего Севера

Охлаждение является одним из главных технологических операций в процессе производства цельномолочной и кисломолочной продукции, на молочных фермах охлаждение является составной частью первичной обработки молока.

Охлаждение молока осуществляется в молокоохладителях как правило за счет теплообмена с ледяной водой, используемой в качестве промежуточного хладоносителя. Охлаждение воды (подготовку ледяной воды) с помощью естественного холода зимой в условиях Крайнего Севера сопряжено с некоторыми трудностями, обусловленными длительными периодами с очень низкими температурами воздуха, в зимнее время, которые могут привести к замерзанию системы охлаждения и циркуляции ледяной воды.

Другой характерной особенностью зимы районов Крайнего Севера является большой перепад температур между серединой зимы и весенним, осенним периодами.

Учитывая климатические особенности районов Крайнего Севера, мы сформулировали требования к холодильному технологическому оборудованию для охлаждения молока за счет использования естественного холода в зимнее время:

- охладитель хладоносителя должен располагаться внутри помещения;
- необходимо обеспечить бесперебойную и эффективную работу установки в широком диапазоне изменения температуры наружного воздуха;
- установка должна быть компактной за счет эффективного сочетания 3-х способов отвода теплоты от охлаждающей жидкости:
 - а) путем непосредственного обдувания холодным воздухом потока охлаждающей жидкости;
 - б) за счет охлаждения холодным воздухом поверхностей, с которыми соприкасается охлаждающая жидкость;
 - в) с помощью предварительного намораживания льда, с которым будет соприкасаться охлаждающая жидкость при циркуляции.

Исходя из вышеизложенного, разработана экспериментальная холодильная установка с использованием холодного наружного воздуха для районов Крайнего Севера (рис. 2, 3).

Холодильная установка (рис.2, 3) имеет бак для ледяной воды, представляющий собой четыре стальные емкости 1, внутренние полости емкостей сообщаются друг с другом уравнительными трубопроводами 2. Емкости 1 расположены горизонтально внутри утепленного вентиляционного короба 3. К вентиляционному коробу 3 подведены входной 4 и выходной 5 утепленные воздуховоды, по которым осуществляется подача холодного и отвод отепленного воздуха. Подача холодного воздуха осуществляется вентилятором 6. Для регулирования подачи воздуха предусмотрены заслонки 7. Вентиляционный короб 3 имеет крышку 8 и переднюю стенку 9 с открывающимися створками. Вода из трубопровода отепленной воды 10 по желобу 11 попадает в первую из емкостей 1 и, проходя через остальные емкости, попадает в трубопровод холодной воды 12. Во время аккумуляции холода толщина намораживаемого на боковых стенках емкостей 1 льда контролируется визуально через открытую створку крышки 8. При необходимости уменьшения толщины наморо-

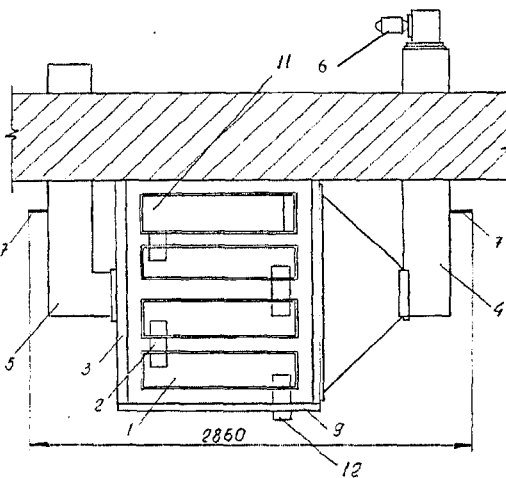


Рис. 2 Холодильная установка с использованием наружного холодного воздуха. Вид сверху

7. Вентиляционный короб 3 имеет крышку 8 и переднюю стенку 9 с открывающимися створками. Вода из трубопровода отепленной воды 10 по желобу 11 попадает в первую из емкостей 1 и, проходя через остальные емкости, попадает в трубопровод холодной воды 12. Во время аккумуляции холода толщина намораживаемого на боковых стенках емкостей 1 льда контролируется визуально через открытую створку крышки 8. При необходимости уменьшения толщины наморо-

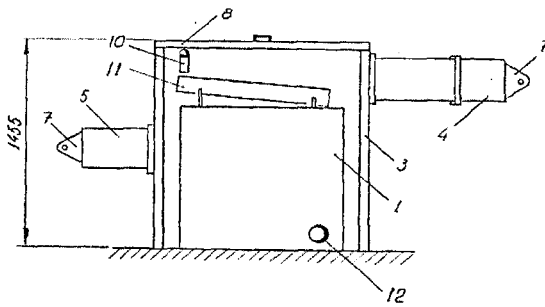


Рис. 3 Холодильная установка с использованием наружного холодного воздуха. Фронтальный вид

ция установки и получен патент РФ на изобретение № 2285391.

На основании разработанной документации установка была изготовлена и испытана в производственных условиях в молочном цехе. Исследованы изменения температуры в емкостях 1 (рис. 2, 3), а также толщины слоя льда намораживаемого на внутренней поверхности емкостей. Колебания температуры окружающего воздуха в процессе испытаний составили от -27°C до -39°C . Результаты измерений приведены на рисунках 4, 5.

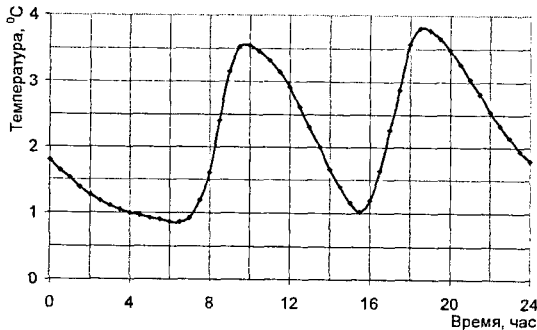


Рис. 4 Суточные изменения температуры воды в охладителе-аккумуляторе ледяной воды в процессе эксплуатации водоохлаждающей установки

женного льда с помощью заслонок 7 прекращается доступ в вентиляционный короб 3 наружного воздуха, и открываются створки крышки 8 и передней стенки 9. Через открытые створки поступает теплый воздух и толщина льда уменьшается.

В настоящее время нами разработана конструкторская документация

установки и получен патент РФ на изобретение № 2285391. В процессе испытания было охлаждено 484 кг молока (суточный объем молока в зимнее время) после пастеризации. Молоко охлаждалось в резервуаре-охладителе молока РПО-2,0. Холодильная машина, агрегатированная с резервуаром-охладителем, предназначенная для охлаждения воды и ак-

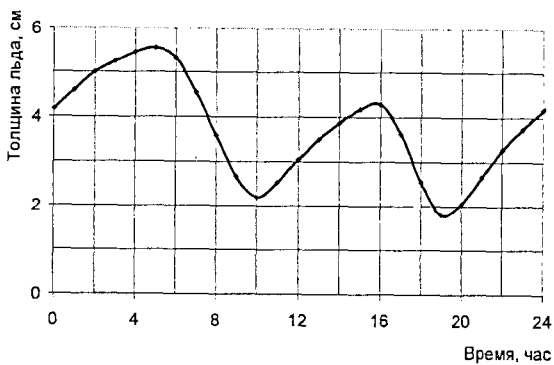


Рис. 5 Суточные изменения толщины намерзшего льда на внутренней поверхности охладителя-аккумулятора ледяной воды

кумуляции льда была отключена.

Система циркуляции ледяной воды, к которой осуществляется отвод теплоты от охлаждаемого молока была завязана на водоохлаждающую холодильную установку (рис. 2, 3), использующую естественный холод. Продолжительность охлаждения молока от 35°C до 4°C составила 2,5 часа. Как видно из представленной на рисунке 4 зависимости,

температура получаемой в водоохлаждающей установке воды обеспечивает требуемый технологическим регламентом уровень температур, необходимый для охлаждения молока.

График изменения толщины слоя льда, намораживаемого на стенке бака (рис. 5), позволяет сделать вывод, что для испытываемой установки имеется достаточно большой запас увеличения производительности. В том случае, если температура наружного воздуха не будет достаточной для охлаждения молока, система циркуляции охлаждающей воды будет подключена к встроенной холодильной машине.

Использованию ледников для хранения замороженных продуктов питания в теплое время года способствуют природно-климатические условия Якутии.

Для выработки оптимальной конструкции ледника нами разработана теоретическая модель ледника (рис.6). Которая должна отвечать следующим требованиям.

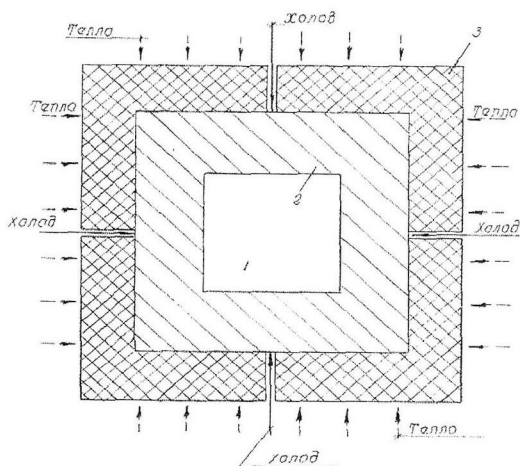


Рис. 6 Теоретическая модель ледника

1. ледник, 2. аккумулятор холода, 3. теплозащита

1. Наличие вокруг или внутри термостатируемого объема массива теплоемкого материала с низкой температурой, представляющего собой аккумулятор холода, требуемый температурный уровень термостатируемого объема будет обеспечиваться за счет аккумулированного холода.

2. Предварительная аккумуляция холода массивом теплоемкого материала.

3. Защита массива теплоемкого материала и вышеназванного объема от теплопритоков.

Важнейшим компонентом ледника является массив теплоемкого материала, служащий аккумулятором холода, поэтому этот элемент ледника является его базисным элементом, определяющим работоспособность всей структуры.

На основании разработанной модели, с учетом конструктивных и эксплуатационных характеристик ледников различного типа, а также геокриологических и климатических характеристик Якутии (рис. 2) были произведены исследования эффективностей строительства и эксплуатации ледников различного типа на территории Республики Саха (Якутии). Результаты исследований представлены в таблице 3.

В результате оценки ледников по 5 критериям наибольший балл – 13 получил заглубленный ледник. Это говорит о том, конструкция ледника заглубленного типа наиболее оптимальна в условиях Якутии.

На основании проведенных исследований разработаны проектно-сметные документации ледников усовершенствованной конструкции (табл. 4). Конструкция ледника проста в изготовлении, строительство его доступно любой строительной организации.

На рис. 7, 8 приведена схема ледника усовершенствованной конструкции объемом 80 м³.

Таблица 3 Оценка ледников, различных по своему расположению относительно уровня земли

	Наземный	Полузаглубленный	Заглубленный	Подземный
Удобство устройства аккумулятора холода	1	2	3	4
Доступность «зарядки холодом» в зимнее время	4	3	2	1
Защищенность от теплопритоков	1	2	3	3
Удобство устройства теплозащиты	1	2	3	3
Отсутствие земляных работ	4	3	2	1
Сумма	11	12	13	12

Таблица 4 Технико-экономические характеристики ледников усовершенствованной конструкции для хранения замороженных продуктов питания

№ п.п.	Характеристика	Объем ледника м ³		
		45	80	200
1	Емкость в весовом исчислении, тонн	10÷20	20÷40	60÷100
2	Расчетная температура (август, сентябрь)	-25÷-10° С	-25÷-10° С	-25÷-10° С
3	Сметная стоимость, тыс. руб.	1000	1385	2189
4	Предполагаемый срок окупаемости, лет	5	5	5
5	Предполагаемый срок службы, лет	50	50	50

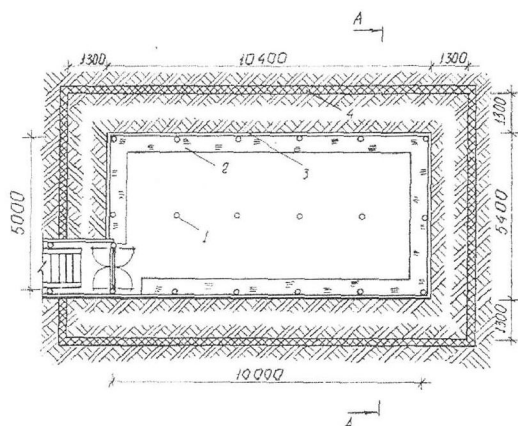


Рис. 7 Ледник усовершенствованной конструкции.

1 – стойки, 2 – ледяной массив, 3 – щитовая обшивка (тес), 4 – гидро- и теплоизоляционный контур

Ледник представляет собой прямоугольное в плане сооружение с размерами по осям стоек 5,0×10,0 м, заглубленное в землю на глубину 2,5 м. Боковые и торцевые стойки обшиты с наружной стороны тесом. Внутри обшивки устраивается ледяная стена толщиной 500 мм из кускового водного льда. На расстоянии 1,5 м от осей боковых и торцевых стоек выполняется тепло- гидроизолирующий контур из пенополистирольных плит толщиной 250 мм, покрытых с

обеих сторон полиэтиленом. Контур заглублен в землю на 2,6 м, промежуток между обшивкой и контуром заполняется влажным грунтом. Потолок ледника представляет собой бревенчатый настил, покрытый слоем рубероида. Над ледником устраивается подсыпка из влажного грунта толщиной 1,0 м с

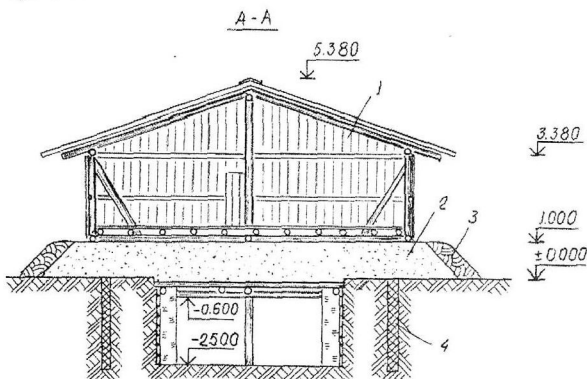


Рис. 8 Ледник усовершенствованной конструкции.

Разрез А-А

1 – наземная каркасная конструкция, 2 – подсыпка из грунта, 3 – глиняная отмостка. 4 – тепло- и гидроизолирующий контур

размерами в плане 12,0×21,0 м, при этом по периметру подсыпки выполняется гидроизолирующий слой из глины толщиной 500 мм. На подсыпке возведена наземная каркасная конструкция, которая перекрывает тепло-гидроизолирующий контур.

Для вентиляции ледника в зимнее время предусмотрена система

естественной вентиляции, состоящая из утепленного вытяжного воздуховода с внутренними размерами 400×400 мм, длиной 3,52 м и дополнительной входной двери из металлической решетки. В зимнее время за счет решетчатой двери и утепленного вытяжного воздуховода создается естественная вентиляция ледника.

При этом происходит аккумуляция холода ледяной стеной, льдистым грунтом между тепло- гидроизолирующим контуром и тесовой обшивкой, грунтовым полом и подсыпкой из замершего влажного, т.е. уже льдистого грунта. Каркасная конструкция создает проветриваемое подполье, что позволяет лучше промораживать подсыпку из влажного грунта.

В летнее время тепло- гидроизолирующий контур замедляет поступление тепла от окружающего грунта, тем самым удлиняется срок сохранения аккумулярованного холода. Каркасная конструкция уменьшает поступление тепла от солнечного излучения, кроме того, она позволяет уменьшить передачу тепла за счет теплопроводности от пола конструкции. Тепло- гидроизолирующий контур без дополнительных затрат решает задачу гидроизоляции ледника.

На конструкцию ледника получены 2 патента РФ на изобретение.

Технологии хранения охлажденной молочной продукции с использованием естественного холода

Для молочных ферм, не имеющих устойчивого энергоснабжения, а также устойчивого транспортного сообщения с потребителями молочной продукции, нами были разработаны наземные льдохранилища и ледники для летней фермы на 50 и 20 коров.

Наземное льдохранилище предназначено для хранения заготовленного в зимнее время водного льда в течение весенне-летне-осеннего периода, для охлаждения молока при первичной его обработке с помощью льда, для хранения охлажденного молока, для обеспечения фермы питьевой водой за счет растопленного льда, для замораживания хранения готовой продукции в замороженном состоянии за счет использования теплоты плавления эвтектического раствора хлорида натрия в воде.

В качестве утеплителя в проекте приняты древесные опилки. Опилки являются дешевым и доступным утеплительным материалом, а также, соответствуют требованию строительной теплофизики к материалам, применяемым для защиты зданий от перегрева.

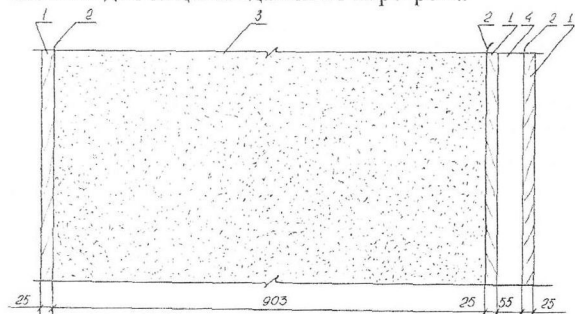


Рис.9 Наземное льдохранилище. Фрагмент разреза наружной стены

1— обшивка из досок, 2— гидроизоляция (рубероид), 3— теплоизоляция (древесные опилки), 4— воздушная прослойка

На рис. 9 показан фрагмент разреза наружной ограждающей стены наземного льдохранилища. Как видно из рисунка 9, обшивки из досок толщиной 25 мм образуют 2 полости. Одна полость заполнена теплоизоляционным материалом (древесными опилками), другая представляет из себя воздушную прослойку.

Толщину слоя тепловой изоляции определили по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_o \left[\frac{1}{k} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \frac{3\delta_d}{\lambda_o} + \frac{3\delta_p}{\lambda_p} + \frac{\delta_{ан}}{\lambda_{ан}} + \frac{1}{\alpha_{ан}} \right) \right], \quad (1)$$

где $\delta_{из}$ — толщина слоя изоляции; δ_d — толщина 1 обшивки из досок; δ_p — толщина 1 слоя гидроизоляции; $\delta_{ан}$ — толщина воздушной прослойки;

k - рекомендуемый коэффициент теплопередачи; $\alpha_{нн}$, $\alpha_{вн}$ - коэффициенты теплоотдачи наружной и внутренней поверхности соответственно, λ_o , λ_d , λ_p , $\lambda_{с.н.}$ - коэффициенты теплопроводности опилок, доски, рубероида, воздушной прослойки соответственно. Толщина теплоизоляционного слоя составила 0,9 м.

Для расчета количества льда, которое требуется заготовить на молочной ферме, для обеспечения ее работы, необходимо задаться следующими исходными данными: количеством производимого на ферме молока M , длительностью весенне- летне-осеннего периода D , в которые требуется заготовленный лед для обеспечения технологического процесса.

Тогда требуемое количество льда определится по формуле:

$$L_0 = \frac{M \cdot C \cdot (t_1 - t_2)}{q_l}, \quad (2)$$

где L_0 - количество льда; C - теплоемкость молока, t_1 - температура молока до охлаждения; t_2 - температура молока после охлаждения; q_l - скрытая теплота плавления льда.

При хранении молока в ледниках для того, чтобы компенсировать суточные теплопритоки к продукту в летнее время в условиях Якутии суточный расход льда составляет 35 кг на 100 кг молока, тогда

$$L_{xp} = M \cdot 35 / 100. \quad (3)$$

Для охлаждения холодильной камеры в день расходуется $L_{хк} = 20$ кг льда:

Находили общее количество льда, расходуемое в течение суток на ферме:

$$L_1 = L_0 + L_{xp} + L_{хк} \quad (4)$$

Тогда всего льда в течение сезона расходуется:

$$L_2 = L_1 D. \quad (5)$$

Если принять потери льда при хранении за 30%, то требуемая масса заготавливаемого льда составит:

$$L = L_2 \cdot 1,3. \quad (6)$$

Плотность заготовленного кускового льда приняли $\rho = 600$ кг/м³, тогда объем занимаемый заготовленным льдом:

$$V = L / \rho. \quad (7)$$

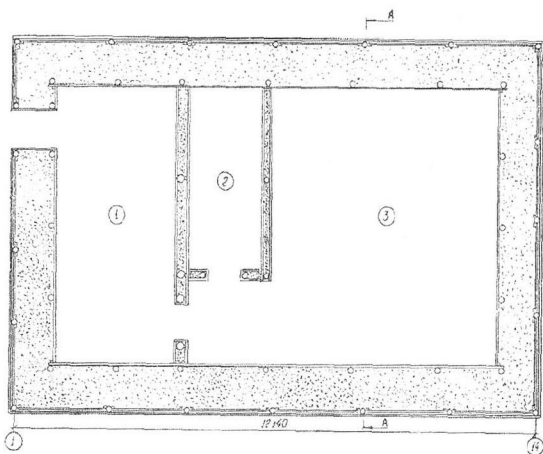


Рис. 10 План наземного льдохранилища
1— тамбур-молочная, 2— камера замораживания и хранения замороженных продуктов, 3— камера хранения льда

Исходя из этого объема, определили размеры наземного льдохранилища для летней фермы на 50 коров

На рис. 10, 11 показаны план и разрез наземного льдохранилища. В тамбуре-молочной устанавливается ванна с водой, в центре которой находится емкость со льдом. Вокруг емкости в ванне с водой ставятся фляги с молоком для охлаждения и хранения. Вода, образующаяся в бочке со льдом, забирается в

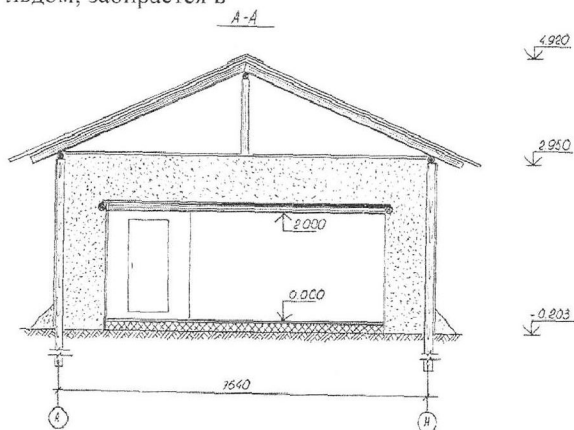


Рис. 11 Наземное льдохранилище. Разрез А-А

Исходя из этой методики, объем водного льда, который необходимо заготовить для фермы на 50 коров должен составить величину $V_{50}=60 \text{ м}^3$, для летней фермы на 20 коров $V_{20}=20 \text{ м}^3$. Необходимо отметить, что в расчетах количества льда для ферм на 50 и 20 коров, использовался различный ассортимент производимой продукции, поэтому расход льда на технологические нужды несколько различается..

качестве питьевой воды Температурный режим в камере замораживания и хранения замороженных продуктов составляет приблизительно $-10 \div -12^\circ \text{C}$. Охлаждение камеры осуществляется льдосоляной смесью, уложенной в специальные емкости льдосоляная смесь представляет собой эвтектический раствор хлорида натрия. Для места строительства

наземного льдохранилища рекомендуется выбирать затененное от солнца в летнее время место, при этом льдохранилище должно быть входной дверью направлено строго на юг.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования доказали возможность и целесообразность круглогодичного обеспечения холодом для производственных нужд молочных ферм, содержащих 20 и 50 коров, холодильными установками, использующими не машинное охлаждение, а заготовленный в холодное время года водный и эвтектический лед раствора хлорида натрия. В холодное время года охлаждение может осуществляться посредством регулируемой подачи холодного наружного воздуха.

ВЫВОДЫ

1. На основании климатического и геофизиологического районирования территории Республики Саха (Якутии) проведен анализ эффективности использования различных типов холодильных установок и сооружений, использующих естественный холод в технологических процессах низкотемпературной обработке при производстве молочной продукции и низкотемпературном хранении пищевых продуктов.

2. Выработаны требования к конструкции холодильной установки с использованием наружного холодного воздуха для районов Крайнего Севера. На основании этих требований изготовлена и испытана холодильная установка, использующая наружный холодный воздух в качестве источника низкой температуры. Производительность этой холодильной установки, предназначенной для охлаждения молока, определяется емкостью ванны молокоохладителя, которая составляет 2,0 м³ и уровнем температуры наружного воздуха. Температурный диапазон автономной работы холодильной установки, должен быть ниже -10° С. Применение холодильной установки, использующей холодный наружный воздух в качестве источника низкой температуры, включенной параллельно штатной холодильной машине для охлаждения молока, позволит в климатических условиях Республики Саха (Якутии) снизить годовое потребление электроэнергии на 58%. На конструкцию холодильной установки, использующей естественный холод получен патент РФ на изобретение.

3. На основании разработанной нами теоретической модели ледника проанализированы конструкции ледников для круглогодичного хранения охлажденных и замороженных продуктов питания. Доказано, что наиболее экономически оправданной конструкцией в условиях Республики Якутия является заглубленный ледник, а в качестве теплоизоляции наиболее эффективной и, следовательно выгодной, является теплоизоляция из пенополистирола.

4. Разработана конструкция наземного льдохранилища для летней фермы на 50 коров, предназначенного для хранения льда, охлаждения и кратковременного хранения молока в течение пастбищного периода за счёт заготовленного зимой льда. Наземное льдохранилище позволяет без приобретения дорогостоящего, сложного в эксплуатации энергопотребляющего холодильного оборудования обеспечить технологический процесс производства и хранения молочной продукции.

5. Разработан и спроектирован наземный ледник для летней фермы на 20 коров, предназначенный для хранения льда, переработки молока и хранения полученных молочных продуктов в течение пастбищного периода за счёт заготовленного зимой естественного льда. Использование наземного ледника на летней ферме позволяет обеспечить охлаждение и переработку молока, получение и хранение творога, масла, кисломолочного продукта «Тар». Хранение продукции в замороженном состоянии обеспечивает эвтектической льдосоляной смесью.

6. На основании теоретической модели ледника произведен сравнительный анализ разработанного нами усовершенствованного ледника и холодильника сборной конструкции, использующего машинное охлаждение при эксплуатации их в условиях Якутии. Строительство усовершенствованного ледника требует в 1,5 раза меньших капитальных вложений по сравнению со строительством и монтажом холодильника сборной конструкции. Эксплуатация усовершенствованного ледника требует в 6 раз меньших эксплуатационных расходов. На ледник усовершенствованной конструкции получены 2 патента РФ на изобретение.

Перечень публикаций по материалам диссертации:

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК

1. Зверев, С.С. Холодильник-аккумулятор естественного холода в условиях Якутии [Текст] / С.С. Зверев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. - № 10. – С. 103-108.

2. Зверев, С.С. Использование естественного холода в охлаждении жидких пищевых продуктов в условиях Якутии [Текст] / С.С. Зверев // Зоотехния. – 2008. – № 11. - С. 25-26.

Другие публикации

3. Зверев, С.С. Использование естественного холода в переработке и хранении молока, молочных продуктов [Текст] / С.С. Зверев // Вопросы инженерно-технического обеспечения агропромышленного комплекса РС (Я) до 2005 года: материалы научно-практической конференции, г. Якутск, 13-14 апреля 1999 г.: Якутский НИИ сельского хозяйства СО РАСХН.- Якутск: ГУП «Агроинформ», 1999.- С. 50-51.

4. Зверев, С.С. Использование естественного холода в переработке и хранении продуктов питания в условиях РС (Я) [Текст] / С.С. Зверев // Будущее якутского села: сборник материалов III республиканской научно-практической конференции: I т., 6 апреля 2000 г.: ЯГСХА. - Якутск, ЯФ «Издательство СО РАН», 2000. – С.72-73.

5. Зверев, С.С. Холодильная установка с использованием наружного холодного воздуха для районов Крайнего Севера [Текст] / С.С. Зверев // Роль аграрной науки в развитии сельскохозяйственного производства Якутии: Сб. материалов науч. – прак. конф., посвящ. 50-летию Якут. НИИСХ СО РАСХН (Якутск, 25 июля 2006 г.): Якут. НИИСХ СО РАСХН. – Новосибирск, ИПФ «Агрос», 2007. – С. 309-313.

6. Технология производства якутских национальных молочных продуктов [Текст] / Сиб.отд-ние Рос.акад.с.-х. наук, ГНУ ЯНИИСХ // С.С. Зверев [и др.]. —Якутск: Сахаполиграфиздат, 2006. - 108 с.

7. Холодильная установка с использованием холодного наружного воздуха для районов Крайнего Севера [Текст]: пат. 2285391 Рос. Федерация: МПК А 01 J 9/04 / Абрамов А.Ф., Зверев С.С.; заявитель и патентообладатель ЯНИИСХ СО РАСХН. - №2004137065/12; заявл. 17.12.04; опубл. 20.10.06, Бюл. № 29. – 6 с: ил.

8. Холодильник-аккумулятор зимнего холода [Текст]: пат. 2201565 Рос. Федерация: МПК F 25 Д 3/02 / Абрамов А.Ф., Буслаев И.Г., Зверев С.С.; заявитель и патентообладатель ЯНИИСХ СО РАСХН. - № 2000127365; заявл. 31.10.00; опубл. 27.03.03, Бюл. № 9 – 3 с: ил..

9. Холодильник-аккумулятор зимнего холода [Текст]: пат. 2344251 Рос. Федерация: МПК F 25 Д 3/02 / Абрамов А.Ф., Буслаев И.Г., Зверев С.С.; заявитель и патентообладатель ЯНИИСХ РАСХН. - №2007106303/03; заявл. 19.02.07; опубл. 20.01.09, Бюл. № 2 – 5 с: ил..

Компьютерная верстка: А.И. Хон
Редактор: М.И. Софронеева

Подписано в печать 10.11.2011. Формат 60x84/16. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ.л. 1,5. Тираж 70 экз. Заказ № 336.

Отпечатано в ГНУ ЯНИИСХ Россельхозакадемии
г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1

81

Компьютерная верстка: А.И. Хон
Редактор: М.И. Софронеева

Подписано в печать 10.11.2011. Формат 60x84/16. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ.л. 1,5. Тираж 70 экз. Заказ № 336.

Отпечатано в ГНУ ЯНИИСХ Россельхозакадемии
г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского, 23/1