

Проф. С. В. ЛЕБЕДЕВ

„СУХОЙ ЛЕД“

В ДЕЛЕ ЭКСПОРТА СИБИРСКОГО МАСЛА

(„О ЗАМЕНЕ ОБЫЧНОГО ЛЬДА ПРИ ПЕРЕВОЗКАХ
ЭКСПОРТНОГО СИБИРСКОГО МАСЛА ТВЕРДОЙ
УГЛЕКИСЛОТОЙ — Т. Н. „СУХИМ ЛЬДОМ“ И О
СВЯЗАННЫХ С ЭТИМ ПРЕИМУЩЕСТВАХ И
ВЫГОДАХ ДЛЯ СИБИРСКОГО МАСЛОДЕЛИЯ“)

ТОМСК

1929

„СУХОЙ ЛЕД“

В ДЕЛЕ ЭКСПОРТА СИБИРСКОГО МАСЛА

(„о замене обычного льда при перевозках экспортного сибирского масла твердой углекислотой—т. н. „сухим льдом“ и о связанных с этим преимуществах и выгодах для сибирского маслоделия“).

Перспективы сельского хозяйства Сибири теснейшим образом связаны с ростом товарности его продукции и с развитием для нее экспортных возможностей. При этом одной из существенных сторон этого вопроса является создание благоприятных условий для вывоза из Сибири скоропортящихся продуктов животноводства вообще и в частности сибирского масла. Удельный вес Сибкрая в заготовках масла по Союзу по данным 1926-1927 г. отвечал 51,8%. По отношению к количеству перевозок масла по Сибкраю в 1913 году, указанный 1926-1927 г. дал немного более 60%. По данным таможенной статистики по всем границам СССР в указанном году было вывезено масла (нетто) 26,66 тысяч тонн. Из этого количества экспорт Сибири составлял 21,44 тысячи тонн, то-есть 80,4% от общего экспорта фактически вывезенного за границу масла. Удельный вес ценностного значения сибирского масла в ряду всех продуктов сельского хозяйства, рыболовства, и охоты по заготовкам 1926-27 г. говорит о том, что сибирскому маслу по данным СКТО принадлежало в названном году второе место по Сибири, составляя 29,4% от общего итога ценностного выражения Сибирского экспорта, тогда как первое место в этом отношении занимал хлебофураж, отвечая 42,1%.

Очевидно, что фактическая ценность сибирского масла на мировом рынке определяется помимо его качества, отвечающего моменту изготовления на маслозаводах, еще и условиями экспорта, в которых сибирское масло проходит свой длинный путь в 3—3.500 верст от сибирских заводов до рынков мирового сбыта, преимущественно в Лондоне. При отдаленности от последнего районов сибирского маслоделия сибирское масло проходит три длительных этапа, различных по своим условиям, продолжительности и по последствиям для качества экспортируемого масла. Первый этап—доставка масла с заводов на станцию железной дороги в отдельных случаях на пристань, второй—перевозка масла по железной дороге и третий—морской путь от русского порта до Лондона. Масляный сезон отправок из Сибири падает преимущественно на летние месяцы. Это обстоятельство, при значительной удаленности громадного большинства сибирских маслозаводов от жел. дор. станций имеет существенное значение. Благодаря примитивности перевозочных средств гужевого транспорта, представленных в Сибири только обычной крестьянской телегой, доставка масла к линии железной дороги в сибирских условиях очень плохо отражается на качестве отправляемого масла.

Температуры летних месяцев в Сибири весьма велики, это можно видеть ниже из месячных средних и максимальных температур для Новосибирска, представленных данными таблицы 1 для 1914 г.

Таблица 1.

в °С температуры	Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Средняя месяч- ная		2,0	11,0	16,7	16,1	18,1	11,4	2,0
Максимальная .		15,2	26,2	29,1	24,0	28,2	24,4	16,8

Для того, чтобы по возможности ослабить нагрев масла во время гужевого транспорта обычно в Сибири вывозка масла с заводов приурочивается к прохладному, ночному времени. Помимо этого, бочки с маслом укрывают соломой, сеном, брезентом. Однако, все это очень мало помогает, не предохраняя масло от нагревания, о чем можно судить по высокой температуре подвезимого масла. По окончании гужевого транспорта масло обычно еще задерживается на железно-дорожных станциях, залеживаясь здесь в ожидании отправки на заготовительные пункты. Длительность таких задержек бывает порою весьма значительна и определяется временем подачи вагонов-ледников. В связи с этим судьба подвезенного к жел. дороге масла может быть троякой: или масло хранится в помещениях с охлаждением, или масло помещается в простых пакгаузах, температура которых очень мало отличается от наружной или наконец, масло лежит просто под навесом на открытом воздухе, прикрываемое брезентом.

Подвигаясь дальше по своему пути, сибирское масло попадает на склад заготовителя, при чем продолжительность хранения здесь после приемки колеблется от 1 часа до 29 дней, судя по данным 1928 года.

По данным Сибирского бракеража по маслу с 1 мая по 1 октября 1928 г. температура подвезенного масла колебалась так:

От + 6°С и ниже для 2%	масла от всего его количества.
„ + 6,1 до 15,0° для 72,0%	„ „ „ „ „
„ +15,1 „ 20,0° „ 24,7%	„ „ „ „ „
„ +20,1 и выше „ 1,3%	„ „ „ „ „
Всего . . . 100,0%	

Средняя температура масла при его отгрузке +7,3°С. Колебания температурного максимума по отдельным сибирским районам в градусах Цельсия таковы: Чановский +24°, Славгородский +17°, Канский +17°, Убинский +18°, Рубцовский +15° и Барнаульский +15°.

В отношении соответствующих минимумов имеются следующие данные: Омский район +6°, Татарский +6°, Каргатский +5°, Шипуновский +5°, Алейский +5°. Очевидно, что подобные температурные условия гужевого транспорта и хранения сибирского масла до отправки его по жел. дороге очень благоприятствуют возникновению в экспортируемом масле разнообразных химико-биологических процессов. Процессы эти, развиваясь и прогрессируя во время последующего длительного железнодорожного транспорта, неизбежно ведут к дальнейшему ухудшению качества сибирского экспортного масла, значительно снижая его стоимость к моменту появления его на Лондонском рынке.

Степень ухудшения сибирского масла находится в прямой зависимости от температурных условий, в которых оно проходит железно-дорожный, наиболее длительный этап своего пути. Чем ниже температура масла в пути, тем менее ухудшение его качества во время

транспорта, так как соответствующие понижение температуры способствует предупреждению или по крайней мере ослаблению различных химических и биологических процессов, идущих или могущих начать развиваться в перевозимом масле.

Результаты перевозки сибирского масла по жел. дороге говорят за то, что обычно принятая у нас степень охлаждения масла в железнодорожных вагонах сказывается недостаточно гарантирующей масло от порчи. Существующие у нас системы вагонов-холодильников можно разбить на два основных типа:

а) Вагоны-ледники, поддерживающие температуру ниже 0° , с рас-
сольными охладительными приборами и

б) Вагоны-ледники выше 0° только с одним ледяным охлаждением.

Этим определяется подразделение на два основных типа нормальных изотермических вагонов.

Учитывая, что перевозка масла из Сибири является сезонной, укладываемой приблизительно в 4 наиболее теплых, частью жарких месяцах, приходится прийти к выводу, что вагоны-ледники, охлаждаемые одним только льдом оказываются слишком слабыми для возможности устранения в необходимой мере отрицательного влияния внешней теплоты на перевозимое масло. Значительно лучше справляются со своей задачей вагоны-ледники с солевыми растворами, но их сравнительно мало.

Значение температурных условий для сибирского маслотранспорта во время его железно-дорожной перевозки усугубляется еще тем, что температура масла, поступающего в пункты приемки его, обычно бывает чрезвычайно высока. По данным Правительственной Торговой Инспекции за 1927 и 1928 года температура эта ежемесячно колебалась в пределах, представленных данными в $^{\circ}\text{C}$ и % в приводимой ниже таблице 2.

Т а б л и ц а 2.

Месяцы Темпера- тура в $^{\circ}\text{C}$ масла:	М а й			И ю н ь			И ю л ь		
	6—15 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше	6—15 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше	6—15 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше
% от общего количества масла:									
В 1928 году	97,1	2,9	—	95,5	3,0	1,5	60,2	37,3	2,5
В 1927 году	91,3	8,7	—	79,7	19,4	0,9	59,6	36,3	4,1
А в г у с т			С е н т я б р ь			В с е г о			
6—15 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше	6—15 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше	6—1 $^{\circ}$	15—20 $^{\circ}$	Выше	
72,5	26,8	0,7	89,9	9,6	0,5	74,0	24,7	1,3	
63,8	35,7	0,9	89,5	10,5	—	76,0	22,2	1,2	

В связи с тем, что охлаждение масла, поступающего в жел.-дор. вагон, очень часто оказывается далеко недостаточным—недоходящим до 0° , в задачи холодильного вагона входит не только поддерживать уже установившуюся в перевозимом масле температуру, но еще и

охлаждать его во время жел.-дор. пути. Очевидно, что с этой задачей даже совершенные вагоны-ледники с солевым охлаждением обычным льдом в большинстве случаев справиться оказываются бессильными, не обладая соответствующей способностью давать как необходимую глубину охлаждения, так и выделять в короткий промежуток времени требуемое количество холода. Без соблюдения же этих условий вагон-холодильник не в состоянии дать нужного эффекта охлаждения экспортируемого масла для предохранения его от возможностей заметного ухудшения в пути. Помимо всего этого надо отметить, что изотермических вагонов оказывается недостаточно для удовлетворения потребностей перевозок сибирского масла. Общий наличный парк Республики изотермического подвижного состава всевозможных типов и назначений, судя по данным 1923 года состоял из 6047 подвижных единиц, при очень значительном количестве больших вагонов как в техническом, так и термическом отношении, составлявших на 1 января 1924 г. 27,8% от всего их количества. Остановившись на вопросе о потребном числе вагонов-ледников для перевозки сибирского масла, примем следующие ориентировочные цифры: 3.000.000 пудов масла в год, средняя нагрузка одного вагона—620 пуд., средний пробег вагона с маслом 3.000 верст и обратно столько же, то есть всего 6.000 верст в оба конца, при суточном пробеге 200 верст. Если при этом еще учесть необходимое время: на прием и сдачу вагонов между дорогами (около 4-х передач), выгрузку и отправку порожних вагонов и загрузку, а также ремонт, то это определит весь оборот вагона-ледника при экспорте масла из Сибири в 40 суток. Если принять, кроме того, что около 20% от потребного числа вагонов-ледников для сибирского масла необходимо еще для перевозки по Сибири всех прочих скоропортящихся грузов, то общее число всех грузов, перевозимых в изотермических вагонах, для Сибири составит:

$$3.000.000 \times 1,2 = 3.600.000 \text{ пудов,}$$

деля это на 620 получим 5.806 вагонов-ледников.

Приняв средне-суточную нагрузку из расчета четырех месяцев в кампании, получим нагрузку в день:

$$5.806 : (4 \times 30) = 48,4 \text{ вагонов в сутки.}$$

Отсюда определится потребность сибирских дорог в изотермическом парке, мощностью в

$$48,4 \times 40 = 1856 \text{ вагонов-ледников.}$$

Общий же инвентарь дорог Сибири, считая Забайкальскую, Омскую и Томскую отвечает около 1300 вагонов-ледников.

Из всего приведенного выше вытекает, что для экспорта сибирского масла по данным 1923 г. при расчете на 3.000.000 пудов масла в год:

а) существующий парк изотермических вагонов сибирских жел. дорог был бы недостаточен—нехватает около 500 вагонов;

б) что имеющиеся на Сибирских жел. дор. типы изотермических вагонов недостаточно совершенны для того, чтобы обеспечить экспортируемое сибирское масло от ухудшения его качества в пути.

По более поздним данным, полученным в Управлении Томской железной дороги от 1/X-1928 г., изотермический парк сети железных дорог СССР состоял из 6695 вагонов, в том числе по Томской, Ом-

ской и Забайкальской—1.300 вагонов. Количество больных вагонов в настоящее время не превышает установленной НКПС нормы в 8⁰/₀.

Сибирским районным Комитетом средний оборот изотермических вагонов на 1928/29 г. до Нового Порта определяется в 26 суток и до прочих пунктов в 29 суток. Максимальная потребность Сибири в изотермических вагонах Сибирским районным Комитетом на указанный год исчислена в 1073 вагонов. Таким образом при существующей потребности, судя по приведенным данным, имеется даже некоторый избыток около 200 изотермических вагонов.

Однако даже при наличии якобы такового временного избытка растущая из года в год производительность сибирского маслоделия говорит, что существующий парк в ближайшие же годы окажется недостаточен по своей численности, кроме того он и неудовлетворителен по своей охлаждающей мощности. Это говорит о том, что вопрос усиления как качественно, так и количественно маслотранспорта Сибири является одной из существенных и очередных задач сибирского маслоделия.

При сопоставлении на Лондонском рынке цен датского, австрийского и сибирского масла можно видеть, что сибирское масло, вполне доброкачественное перед отправкой, приходит в Лондон уже значительно ухудшившимся. Это можно видеть из сопоставления качества сибирского масла по данным Лондона на месте получения и по данным Сибирского Правительственного бракеража по месту отправления то есть в Сибири:

По данным бракеража в Сибири:

Таблица 3.

Г о д а	Средняя сортность			Средняя бальность
	I	II	III	
1927	27,7%	66,7%	5,6%	85,2%
1928	36,9%	61,4%	1,7%	86,3%

По данным Лондона:

Таблица 4.

Г о д а	Средняя сортность			Средняя бальность
	I	II	III	
1927	3,9%	95,1%	1,0%	82,2%
1928	10,9%	83,4%	5,7%	83,9%

Процент масла, пораженного плесенью, по данным Лондона, так же достаточно велик—в 1926 г. он отвечал 5,8⁰/₀ и 1927 году—4,4⁰/₀.

При таких условиях сибирское масло, несмотря на общепризнанные некоторые его достоинства, как-то: малое содержание воды, хорошая консистенция, натуральность, при полной доброкачественности перед отправкой из Сибири, попадая на Лондонский рынок расценивается там очень низко.

Соотношение цен на сибирское и датское масло, выраженное в рублях за 1 пуд и в процентах стоимости датского масла, определяется по годам так:

	В 1926 г.	В 1927 г.
Датское масло.	28 р. 49 к.	26 р. 88 к.
Сибирское „	22 р. 75 к.	22 р. 50 к.
Разница стоимости:		
В рублях	5 р. 74 к.	4 р. 38 к.
В % %	79,8%	84,0%

За указанные годы было вывезено из Сибири масло на экспорт в 1926 г.—1.570.000 пуд. и в 1927 г.—1.770.000 пуд.

Без всякого риска какого-либо преувеличения можно принять, что сибирское масло на каждом пуде своего экспорта теряет по крайней мере по два рубля, благодаря недостаточной глубине охлаждения масла во время чрезмерно длительного железнодорожного транспорта из Сибири. При указанном соотношении цен и размере вывоза из Сибири потери Сибирского маслоделия на недоохлаждении масла при перевозке его по жел. дороге составляет в 1926 г.—3.140.000 руб. и в 1927 г. в 3.550.000 руб.

При неуклонном росте сибирского маслоделия потери эти с течением времени будут неизменно возрастать. Это говорит о том, что задачи усиления охлаждения сибирского масла на пути его следования от места получения к месту сбыта за границу является вопросом, заслуживающим самого серьезного внимания.

При этом, чем проще в конструктивном отношении требуется для этого приспособления, тем доступнее оно к продвижению в жизнь. Вопрос этот имеет интерес не только для сибирского масла, но вообще для экспорта скоропортящихся грузов. В связи с этим одновременно был выдвинут целый ряд разнообразных предложений заменить обычный вагон-ледник системами более совершенными. Громадное большинство этих предложений сводится к развитию и усовершенствованию устройств и конструкций вагонов с ледосоляным охлаждением. Особняком в этом отношении стоит опытный холодильный поезд Линде, представляющий собой поезд, снабженный передвижной холодильной установкой. Однако, дальше опытных поездок на наших дорогах дело не подвинулось. Причиной этого обычно считают:

- 1) Значительное удорожание такого рода перевозок масла сравнительно со стоимостью их в обычных вагонах—ледниках.
- 2) Сложность устройства, высокая его стоимость и кратковременность работы в году такого оборудования.
- 3) Необходимость квалифицированного и тщательного ухода, что в условиях обычного транспорта, особенно в наших русских условиях, осуществлять чрезвычайно трудно.

Вопрос о допустимости того или иного устройства по своей стоимости зависит от рентабельности последнего; в виду этого т. н. дороговизна в обычном смысле здесь решающего значения, конечно, не имеет. Надо думать, что последнее остается за условиями второго и, главным образом, третьего из приведенных выше пунктов. В связи с этим необходимо уделить сугубое внимание идее применения к целям охлаждения во время экспорта скоропортящихся продуктов углекислого льда, т. н. „сухого льда“, не требующего для своего использования почти никаких специальных конструктивных приспособлений, машинных установок и тому подобное.

Промышленный процесс получения твердой углекислоты — „сухого льда“ в принципе достаточно прост; он складывается из следующих операций: 1) приготовления чистого углекислого газа; 2) сжатия его в жидкость; 3) быстрого испарения полученной жидкости углекислоты; 4) прессования углекислого снега в бруски определенной формы и величины.

Логическое основание этой идеи определяется, главным образом, следующими свойствами твердой углекислоты:

1) очень низкой температурой ее испарения, отвечающей минус 78,9°C, чем обеспечивается возможность чрезвычайно глубокого охлаждения сравнительно с обычным льдом с температурой таяния только в 0,0°;

2) способностью переходить при таянии из твердого состояния непосредственно в газ без жидкой фазы и без неизбежного при обычном льде появления воды, вызывающей мокроту, сырость и избыточную влажность в льдохранилище.

Помимо этого твердая углекислота имеет еще и другие преимущества перед обычным льдом, так как на единицу веса она дает вдвое больше холода, чем обычный лед, кроме того, твердая углекислота в два раза тяжелее последнего, благодаря этому охлаждающее действие одной единицы объема твердой углекислоты в четыре раза больше того же объема простого льда. Таким образом, так называемый „сухой лед“ представляет собою как бы концентрированный источник глубокого охлаждения, происходящего при том в условиях почти полного отсутствия влажности в окружающем пространстве. Оба эти признака должны привлечь к сухому льду серьезное внимание, как к средству, могущему найти широкое применение при транспорте и хранении вообще скоропортящихся продуктов. В отношении же экспорта масла в сибирских условиях, на расстоянии 3—4000 верст, когда появляется в отдельных случаях острая потребность то в особенно энергичном, то в длительном, то в углубленном охлаждении, сухой лед мог бы оказаться при известных условиях исключительно ценным источником холода.

Однако разрешение этой задачи требует освещения возможностей практического применения сухого льда в нескольких направлениях: 1) со стороны отношения самого масла к действию глубокого и продолжительного охлаждения; 2) в отношении промышленно-экономических возможностей получения и применения сухого льда к масло-транспорту в условиях Сибири; 3) с точки зрения технических возможностей использования сухого льда в плоскости чисто транспортного порядка вообще и прежде всего в условиях железнодорожного транспорта и, наконец, 4) с точки зрения выяснения самой техники получения сухого льда и чистой свободной от всяких примесей сухой газообразной углекислоты.

Освещение указанных выше положений было проведено автором данной работы совместно с привлеченными специалистами соответствующих областей. Таковыми лицами явились: по физико-химии и биологии масла агроном—химик С. А. Понегин и по теоретическому обоснованию вопроса о производстве сухого льда, его стоимости и стоимости охлаждения при перевозках—инженер Г. И. Фукс, при чем по вопросам транспорта автор прибегал к помощи инженера М. Н. Бордгаузен, любезно согласившегося содействовать разрешению отдельных сторон рассматриваемого вопроса своим авторитетным мнением.

Значение глубины охлаждения как перевозимого масла, так и окружающего его пространства естественно обуславливается тем, что

при самом высоком качестве экспортируемого масла оно фактически не может быть безусловно стерильным, то-есть не может быть совершенно свободным от различных представителей микрофлоры масла как в состоянии вегетативных, так и зародышевых их форм. При таких условиях почти единственным средством борьбы с вредной для масла микрофлорой, внутри боченка представляется возможно глубокое понижение температуры масла.

Практически все сложные и многообразные явления развития в масле и на его таре микроорганизмов определяется понятием плесневения. Последнее практикой маслоделия обычно констатируется простым осмотром невооруженным глазом исследуемого масла и его тары. При этом за „плесени“ масла в торговле и в бракераже принимается, конечно, не академически обособленные представители их, а совокупность всей развившейся микрофлоры, являющейся окрашенной в своей массе и потому отчетливо замечаемой на масле и на его таре. В отдельные годы в сибирском маслоделии случались стихийные вспышки плесневения масла, принесшие немалые убытки сибирскому народному хозяйству.

Развивающейся при экспорте масла плесенью чаще всего покрывается рогожная обкладка боченка с маслом, внешние и внутренние поверхности клепки, ея щели, далее плесень появляется на пергаментной рубашке масла, иногда она гнездится в слое масла под днищем боченка и, наконец, плесень распространяется на поверхность и на самую толщу укупоренного масла, пронизывая его как бы жилами и придавая ему мраморный вид.

Если для борьбы с развитием плесени в масле внутри бочек остается только соответствующее понижение температуры масла, то для борьбы с ними на поверхности тары перевозимого масла еще одним средством является также поддержание возможной сухости воздуха маслохранилища. Однако это требование трудно осуществить в условиях обычного ледяного или солеледяного охлаждения, связанных с избыточной влажностью, сыростью и даже мокротой помещения.

Но все эти затруднения легко устраняются при замене обычного сухим льдом, вполне обеспечивающим максимальную сухость маслохранилища, что вместе с низкой температурой совершенно устранит возможность появления плесени на масляной таре и что естественно может способствовать некоторому повышению расценок сибирского масла на зарубежных рынках сбыта.

Что касается необходимой степени охлаждения масла для защиты его от плесневения, то в этом отношении необходимо отметить утверждение выдающегося товароведа и английского специалиста по маслу профессора Томсона, принимающего, что некоторые представители плесеней масла нуждаются для предупреждения их развития в температурах около минус 10°C. Обычные же формы плесеней сибирского экспортного масла по данным Ленинградской лаборатории Водного транспорта (прив. доцен. Мордберг) и других—исследователей их (проф. С. В. Парашук) приостанавливают свой рост при температуре несколько большей вышеуказанной.

Сравнивая эти положения о необходимой степени охлаждения для предупреждения порчи масла с действительными температурными условиями охлаждения сибирского масла в жел.-дор. вагонах, можно видеть, что задача рационализации транспорта экспортного масла должна прежде всего пойти по пути значительного снижения температур масла при его перевозках, как бы переохлаждая его сравнительно с принятыми и допустимыми до настоящего времени темпера-

турными нормами на жел. дорогах, широкую возможность чего легко открывает применение сухого льда.

Небезынтересно отметить, что Ленинградский бракераж на своем превосходном холодильнике уже в 1926 г. имел случаи значительного переохлаждения масла, не наблюдая при этом каких-либо отрицательных влияний на качество масла такого переохлаждения. Однако здесь следует указать, что побудительной причиной, заставившей там прибегнуть к сильному переохлаждению масла, являлась недостаточность рефрижираторной установки одного из пароходов, т.е. нечто иное, чем выдвигаемая здесь идея преднамеренного переохлаждения масла в пути.

Единичность и отсутствие учета результатов указанных случаев переохлаждения масла не дают достаточных оснований для суждения о том, к каким последствиям для масла может привести процесс длительного и глубокого его охлаждения.

Но что же представляет собою коровье масло?

Схематично можно представить себе экспортное сибирское масло как теснейшим образом перемешанную тонкую смесь молочного жира и солевого раствора.

Рассол масла составлен из воды, как таковой, из молочных продуктов и из некоторого количества поваренной соли от посолки масла. Значительно менее здесь представлены другие составные части коровьего молока и остаточные белковые вещества, известные под именем „пахты“. Соль с одной стороны, является единственно допустимым в масле консервирующим веществом, а с другой стороны—посолкой сибирского масла удовлетворяются вкусы и требования заграничного покупателя. Наивысшая предельная норма для содержания соли в экспортном масле законом регламентирована в 2% и таковым же законодательством допускается в экспортном масле содержание воды не более 16%. Процентное взаимоотношение содержащихся в масле соли и воды обозначает так называемую концентрацию (или крепость) солевого рассола масла; вода и соль, пребывая совместно взаиморастворяются и образуют солевой раствор масла. Применительно к сибирскому экспортному маслу замечается, по данным прежних лет, приближение концентрации солевого рассола к 14,25%—почти стойкое для всех многообразных маслорайонов Сибири. Этот факт отмечавшийся на протяжении целого ряда лет и прослеженный аналитическим материалом правительственных сибирских маслоконтрольных лабораторий как бы знаменует собою нормально традиционную концентрацию рассола для масел Сибири. В вопросах масловедения и реформах сибирского маслоделия каждый шаг должен быть осторожным и опытно изученным. Допущенные маслосезонами 1925 и 1926 годов понижения в крепости солевого рассола как раз совпали со стихийным поражением сибирского масла плесенью. По данным Ленинградского бракеража вторая половина 1925 года характеризуется только 12,8% концентрации солевого рассола, а плесневелый сезон 1926 года по тем же отчетным сведениям разыгрался при 11% (в среднем за операционный год) крепости рассола тогда, как влажность экспортного масла в оба эти сезона была достаточно близка к даваемой норме. Эти случаи делают очевидным, что крайняя неустойчивость сибирского масла в реальных условиях определяется недостаточностью охлаждения масла в вагонах. Поэтому, весьма заманчивая перспектива повышенного увлажнения сибирского масла додочей 2—3 недостающих до нормы процентов воды и донныне остается неосуществимой, главным образом вследствие недостаточно глубокого охлаждения масла в

наших вагонах. При таких условиях применение для вагонного охлаждения „сухого льда“ позволило бы ввести в экспортное масло 2—3% лишней воды и реализовать ее по ценам масла, так как в этом случае мы имели бы дело с переохлаждением и потому забронированным от плесени маслотоваром.

Попутно следует еще остановиться на вопросе „усушки масла“ в вагонах. Этот термин ведет свое начало едва ли не с самой зари сибирского маслоделия. Однако, по существу своему, „усушка масла“ в вагонах не существует, как это подтверждено еще 15-м маслосездом в г. Омске в 1913 г., который категорически признал проблематичность „усушки масла“ и в этом отношении применение сухого льда не вносит ничего нового.

Наконец, в освещении применимости идеи „сухого льда“ охлаждения маслянных вагонов надо еще коснуться вопроса о возможных влияниях углекислого газа как на само масло, так и на живую микрофлору его за двухнедельный период пребывания масла в пути. Известно, что углекислый газ не имеет никакого запаха и, следовательно, в этом отношении данный газ, как конечный продукт „сухого льда“ для масла безопасен. Сверх того, углекислый газ по своей химической природе очень мало активен и не может вступать в какие либо химические соединения с такими веществами как масло, так и масляная тара. Вследствие этого „сухой лед“ безусловно будет безвреден для всего маслотовара в целом.

Что касается живой микрофлоры масла, то таковая представлена в масле обеими микробиологическими группами: недостаточно учитываемыми анаэробами и широко наблюдаемыми аэробами.

Давая сухой холодный углекислый газ, являющийся задерживающим и вредным началом для аэробов, сухой лед благодаря этому должен способствовать подавлению развития представителей этой группы микроорганизмов, тогда как сухость газового пространства окружающего маслотовар и низкая его температура благодаря испарению сухого льда исключает в этом случае возможность развития анаэробов. Непосредственно не соприкасаясь с массой масла углекислота, естественно, может влиять только на микрофлору тары перевозимого масла, при чем как видно из приведенных соображений благополучное состояние этой тары должно вполне обеспечиваться суммарным действием низкой температуры и углекислого газа от сухого льда. Очевидно, что обычная сырость, иногда потеки воды и тому подобные явления, имеющие место в вагонах—ледниках, при сухом льде совершенно исключаются, что может в некоторой мере способствовать устранению случайностей, снижающих на заграничном рынке стоимость сибирского масла.

Как общий итог во всех указанных отношениях к маслу, к маслотаре и к живой микрофлоре масла „сухой лед“ должен быть признан безвредным и желательным источником холода для масляных железнодорожных вагонов.

Развивая и обсуждая далее конкретные возможности применения „сухого льда“ для отдельных видов сибирского маслотранспорта прежде всего следует указать на применимость этого холодоагента в проселочно сухопутной гужовке масла. И поныне маслогужевка является „каторгой“ для сибирского масла и здесь то буквально закладываются в него „корни зла и пороков“. Неоднократно и ранее предполагались попытки проектирования „масляных телег“ и термических маслофургонов вообще. Можно прямо сказать, что принцип термической изоляции не сходил с чертежного изображения таких

проектов в суровых условиях жизни и стихии. Принцип иного рода—идея „сухого льда“ в образе его небольшого количества легко разрешает проектирование и осуществление любого маслофургона и совместно с автотранспортом реально подводит к рациональной и надежной маслогужевке в условиях сибирского маслоделия.

Применение „сухого льда“ на водных путях даст возможность транспортировки масла в более или менее простых баржах или шаландах с буксированием таковых обычными горячими пароходами, взамен дорого стоящих рефрижираторных. Дело в том, что в случае применения „сухого льда“ на таких маслбаржах заботы по охлаждению перевозимого масла, ограничатся лишь вентилированием барж наружным воздухом для устранения местного переохлаждения, если конструктивными приспособлениями не будет достигнуто температурное саморегулирование. Питание электровентиляторов легко осуществить, перекинув от динамо—машины парохода шнур электропровода на масляную баржу.

Практическое проведение в жизнь маслотранспорта идеи применения сухого льда должно считаться не только со свойствами и природой масла, но оно должно также учесть и характерные условия, в которых это масло будет находиться в продолжении своего следования в железнодорожных вагонах.

В этом случае, напр., в отличие от режима масла в холодильниках, где бочки могут от времени до времени переворачиваться, при транспорте приходится отметить неприкосновенность боченков масла во время всего пути, что может повести к устайванию масла, когда верхние и боковые слои его в бочках с течением времени относительно обогащаются влагой по сравнению с нижними слоями его. Таким образом, кроме вопросов, требующих освещения в условиях статического действия сухого льда выдвигаются еще соответствующие вопросы о действии углубленного холода на масло в динамических условиях транспорта.

Все вышеизложенное по вопросам физическим, химическим и микробиологическим, связанное с маслом и его транспортом говорит о том, что применение сухого льда для целей охлаждения при маслотранспорте в идее своей совершенно правильно. Однако практическое осуществление этой идеи перед введением ее в жизнь потребует специальной проработки ряда вопросов о влиянии углубленного холода на масло в условиях статических, а также в обстановке, так сказать,—динамической, то есть в условиях практического осуществления железнодорожного транспорта.

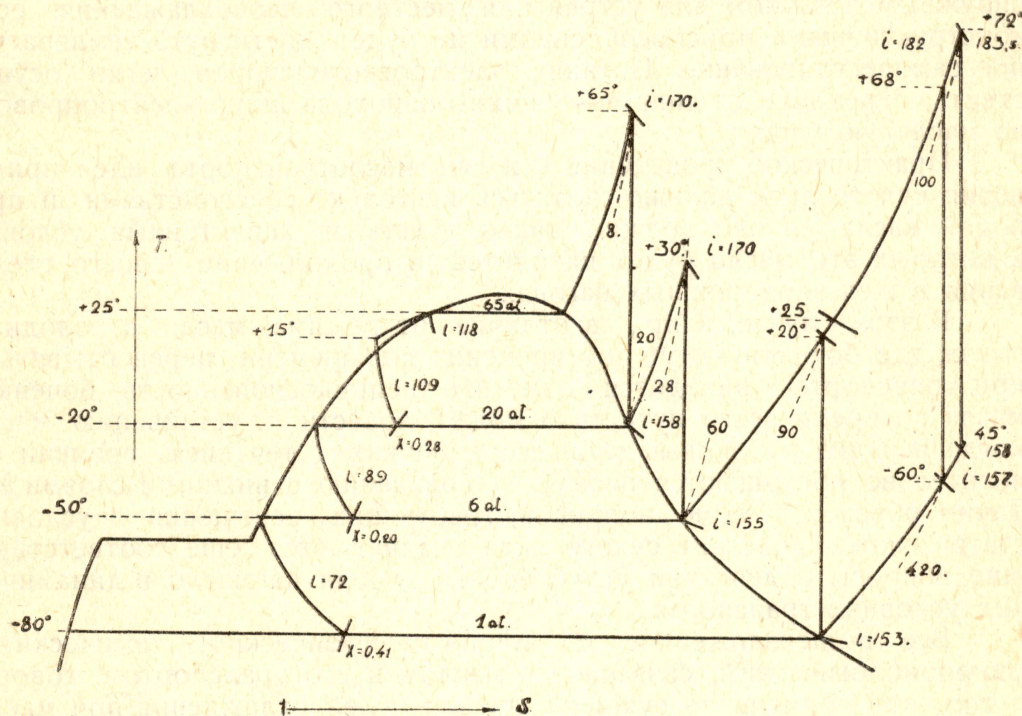
Возможность при помощи твердой углекислоты производить глубокое охлаждение наукой была уже давно установлена. Но идея применить это явление к практическим и промышленным задачам явилась очень недавно. Некоторые сведения в этом направлении дает инженер В. Н. Рулев*) в своих статьях об опытах применения „сухого льда“ в рыбной промышленности С.Ш.С. Америки, где был произведен ряд отдельных опытов по перевозке свежей рыбы. Результаты были вполне удачны при пробегах до 4—6 дней и при средних температурах внешнего воздуха $26,7^{\circ}\text{C}$. Таким образом, в отношении рыбных перевозок эти опыты говорят о применимости сухого льда, однако этот вопрос лежит главным образом в плоскости не только технической, но и в разрезе экономики, то-есть выгоды применения сухого льда для транспорта того или другого продукта. В

*) Скоропорт. продукты и холодильное дело—Рулев, 1928 г., 7 апрель и № 15 август.

данном случае рассматривается вопрос о возможности с этой стороны применить к маслотранспорту сухой лед, то-есть дело сводится прежде всего к проблеме стоимости сухого льда.

В виду новизны и необычности производства сухого льда в промышленном масштабе и крайней ограниченности в литературе такого рода указаний в этом отношении можно наметить лишь ориентировочные цифры, сравнив их с теми единичными данными, которые удалось найти в цене сухого льда в С.-А.С. Штатах.

Энтропийная диаграмма CO_2



Чер. 1.

Техника получения твердой углекислоты или „сухого льда“ очень несложна. Имея жидкую углекислоту в баллоне при давлении 50—70 атмосфер при температуре 10—25° С пропускают ее через узкое дроссельное отверстие, чтобы давление углекислоты упало до атмосферного, при этом часть углекислоты испарится, а часть ее перейдет в твердое состояние. Одним из существенных вопросов при подсчете стоимости сухого льда является выход сухого льда при этом процессе. При обычных лабораторных опытах удается получить в этих условиях только 10—15% в виде твердой углекислоты. В промышленных же установках подобного рода получается якобы около 30%. Так как величина выхода твердой углекислоты в рассматриваемом вопросе представляется одним из основных моментов установления ее стоимости, то поэтому в дальнейшем приводим соответствующие расчеты, проработанные инженером Г. И. Фукс, исходящим из соответствующих теоретических данных, опирающихся на работы известного специалиста Планка: „О термических свойствах углекислоты в газообразном жидком и твердом состоянии“ и других трудах этого крупного в данной области авторитета.

Для конкретизирования интересующих нас подсчетов возможной практической установки последняя связывается с определенной производительностью в 500 пуд. (8.000 кг.) в сутки. В качестве источника углекислоты предполагается углекислота, получающаяся при процессе брожения в винокурении, обычно не утилизируемая.

В основу процесса получения твердой углекислоты положим процесс 3-х ступенчатого сжатия с трехступенчатым же испарением, причем в промежуточных испарителях (пром. охладитель) предполагаем теплообмен между сжатым паром и притекающей через дросс-вентиль жидкостью (см. схему установки чертеж № 2). Таким образом, мы имеем приближение к наивыгоднейшему регенеративному процессу установки.¹⁾

Практические отклонения от него учтем соответствующими коэффициентами, как это принято в практике расчета холодильных установок.

Воспользовавшись энтропийной диаграммой для углекислоты, наносим теоретический процесс работы компрессора. За промежуточные давления приняты 6 атм. и 20 атм. абс, то-есть -50°C и -20°C (чертеж № 1).

Теоретический процесс²⁾.

При дросселировании жидкости через первый регулирующий вентиль согласно диаграммы получается:

0,41 кг. пара и 0,59 кг. снега.

Пар получается при давлении 1 атм. абс и $t = -80^{\circ}\text{C}$.

Для непрерывности процесса к нему необходимо добавить 0,59 кг. паров, температуру которых примем равной температуре 1-го пром. охладителя в -50°C .

Средняя температура всасываемого первой ступенью пара будет при этом:

$$t = \frac{0,41 \cdot (-80) + 0,59 \cdot (-50)}{1} \approx -60^{\circ}\text{C}.$$

При сжатии пара до давления в 6 атм. в 1-й ступени необходима теоретическая затрата работы

$$A \text{ Lag} = i_{21} - i_{11} = 182 - 157 = 25 \text{ Cal.}$$

Для полного превращения в жидкость сжатого в 1-й ступени пара от каждого кг. надо отнять

$$Q_{21} = i_{21} - i_{31} = 182 - 72 = 100 \text{ Cal.}$$

¹⁾ См. Г. И. Фукс. Регенеративный процесс холодильной машины. Известия СТИ, т. 48 (2). 1928 г.

²⁾ Все характерные точки процесса имеют двойную нумерацию, при чем вторая цифра обозначает номер ступени.

Значение первой цифры:

1—начало сжатия

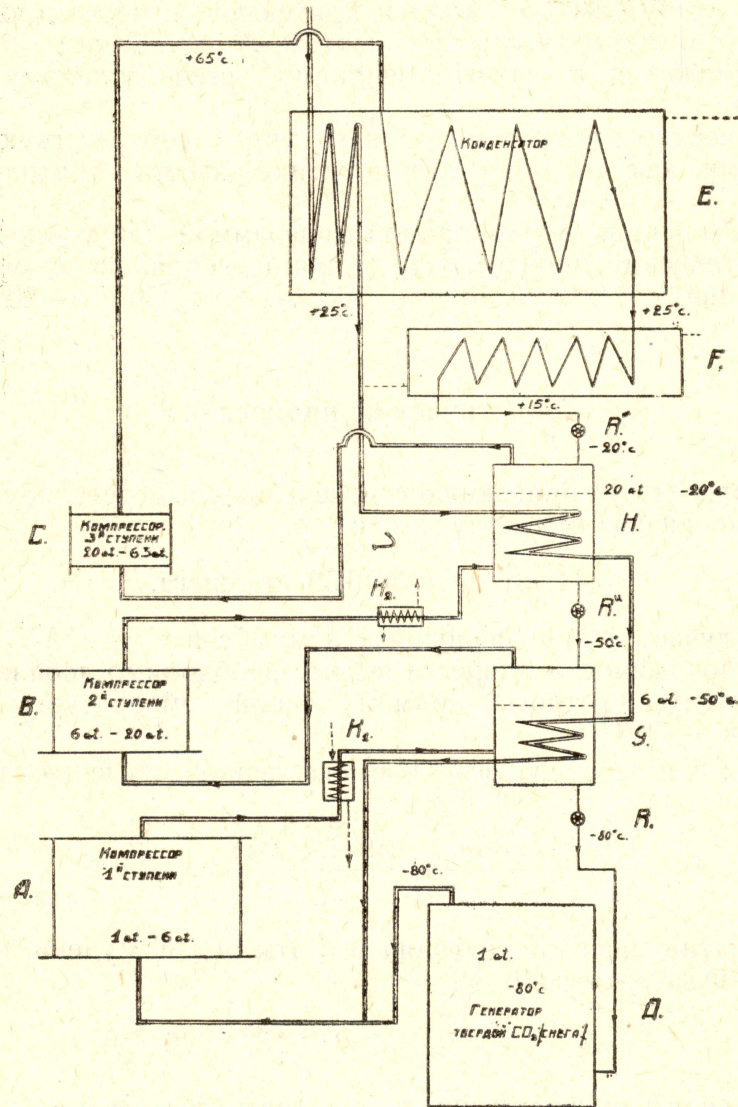
2—конец сжатия

3—конец конденсации

4—начало испарения.

Например:—теплосодержание смеси в начале испарения в 3-й ступени (2-й пром. охладитель).

СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОЙ CO_2 .



- E** - Переключатель жидкой CO_2 .
G, H - Первый и второй промежуточные охладители /отделители жидкости/.
R, R', R'' - Регулирующие вентили.
H₁, H₂ - Обогревающие охладители жидкой CO_2 между ступенями /водяные/.
 — Трубопроводы для пара /газа/.
 - - - - - Водопровод.

Так как в конце сжатия пар получается высокой температуры ($+68^{\circ}\text{C}$), то часть тепла от него можно отнять охлаждающей водой. Предполагая охлаждение до 25°C ($i=173$), находим, что охлаждающей водой будет отнято:

$$q'_2 = 182 - 173 = 9 \text{ Cal/kg.}$$

Остаток:

$$Q_{21} - q'_2 = 110 - 9 = 101 \text{ Cal/kg.}$$

необходимо отнять за счет испарения жидкости в 1-м промеж. охладителе. Так как в 1-й пром. охладитель поступает смесь жидкости и пара с теплосодержанием $i_{32} = i_{41} = 89 \text{ Cal}$, а отсасывается сухой насыщенный пар с теплосодержанием $i = 155 \text{ Cal}$, то одним кг. можно отнять тепла:

$$Q_{12} = i_{12} - i_{42} = 155 - 89 = 66 \text{ Cal/kg.}$$

Необходимо еще учесть, что в первом пром. охлаждение надо остудить 0,59 кг. пара от -20°C до -50°C , для чего надо отнять:

$$q_1 = 0,59 \cdot 0,2 \cdot 30 \approx 3,5 \text{ Cal (ср} \approx 0,2).$$

Следовательно, всего в 1-м пром. охладителе надо отнять:

$$(Q_{21} - q'_2) + q_2 = 101 + 3,5 = 104,5 \text{ Cal/kg.}$$

На один кг. углекислоты в 1-й ступени во второй должно приходиться

$$G_2 = \frac{(Q_{21} - q'_2) + q_2}{Q_{12}} = \frac{104,5}{66} = 1,58 \text{ кг.}$$

Дальнейшие аналогичные подсчеты, также вычисленные величины для 1-й ступени сведены в таблицу № 1.

Таблица № 1

	I ступ.	II ступ.	III ступ.
Температура начала сжатия	- 60	- 50	- 20
Затрата работы на сжатие 1 кг. Cal	25	15	12
При охлаждении сжатого пара до 25°C отнимается охлаждающей водой на 1 кг. Cal	9	1	—
В промежуточном охладителе необходимо отнять тепла для полной конденсации 1 кг. Cal	101	80	—
Для охлаждения добавочного газа в 1-ю ступень, 0,59 кг. на каждый кг. рабочего вещества 1-й ступени (надо отнять тепла) Cal	3,5	3,4	—
Полное количество обмен. тепла в пром. охладителе на 1 кг. Cal	104,5	83,4	—
При испарении 1 кг. жидкости в пром. охладителе связывается тепла Cal	66	49	—

К этой таблице необходимо сделать следующие добавления:

Количество тепла, которое необходимо отнять во втором промежуточном охладителе для охлаждения добавочного газа вычисляется, предполагая охлаждение в нем от $+25$ до -20°C .

$$q^1 = c_p G \Delta t = 0,2 \times 0,59 \cdot [25 - (-20)] \approx 5,5 \text{ Cal/kg.}$$

Но так как на каждый кг. рабочего вещества 1-й ступени во второй работает 1,58 кг., то на который кг. рабочего вещества 2-й ступени это составит:

$$\frac{5,5}{1,58} \approx 3,4 \text{ кг., что и помещено в таблице.}$$

Количество рабочего вещества, которое должно проходить через вторую ступень на 1 кг. первой ступени вычислено выше 1,58. Соответственно, количество рабочего вещества 3-й ступени, приходящееся на 1, 2-й ступени:

$$G_3 = \frac{83,4}{49} = 1,72 \text{ кг.}$$

Действительный процесс.

Первая ступень.

Действительный процесс будет отличаться от рассмотренного теоретического рядом потерь термического и механического характера.

Вследствие проникновения тепла для получения заданного эффекта надо будет пропускать количество рабочего вещества. Примем по Кoeniger'у $P = 1,2$ для первой ступени, то есть предположим, что для уничтожения потерь от проникновения тепла в 1-й ступени надо пропускать на 20% больше рабочего вещества, чем в теоретич. установке.

На 1 кг. углекислоты. снега в 1-й ступени должно пропустить:

$$G' = \frac{P}{0,59} = 2,035 \text{ кг.}$$

Потери компрессора оценим коэффициентом:

$$\eta_g = 0,8$$

Охлаждение добавляемого пара в 1-й пром. охладителе, для возможности теплопередачи, примем от -10°C до -40°C , то-есть на 30°C , для чего нужно затратить $\approx 3,5 \text{ Cal}$

Начальная температура сжатия:

$$t = \frac{0,41 (-80) + 0,59 (-40)}{1} \approx -57^\circ\text{C.}$$

Нанеся эту точку на TS диагр. и проведя адиабату до давления 6 атм, отсчитываем адиабат-работу сжатия:

$$AL_{ag} = 183,5 - 158 = 25,5 \text{ Cal/кг.}$$

Действительн. работа сжатия на 1 кг.:

$$AL_g = \frac{AL_{ag}}{\eta_g} = \frac{25,5}{0,8} = 31,9 \text{ Cal/кг.}$$

Действительная работа сжатия 1-й ступени на 1 кг. углекислотного снега:

$$AL_1 = AL_g G^1 = 31,9 \cdot 2,035 = 65,0 \text{ Cal/кг.}$$

Теплосодержание конца сжатия 1-й ступени:

$$i_{22} = i_1 + AL_g = 158 + 31,9 = 189,9 \text{ Cal}$$

Охлаждением до 25°C можно отнять тепла:

$$189,9 - 173 = 16,9 \text{ Cal/кг.}$$

охлаждающей водой. На 1 кг. сухого льда, следовательно, придется отнять водой:

$$16,9 \text{ g}^1 = 34,3 \text{ Cal/кг.}$$

Для дальнейшего полного превращения в жидкость надо отнять, кроме того:

$$173 - 72 = 101 \text{ Cal/кг.}$$

То есть на 1 кг. агента первой ступени во второй должно пропустить 1,58 кг. теоретически (см. выше), практически же:

$$158 \text{ P} = 1,58 \cdot 1,2 = 1,9 \text{ кг.}$$

А на 1 кг. твердой углекислоты:

$$\frac{1,90}{0,59} = 3,21/\text{кг.}$$

Оценивая термич. потери в пром. охладителе коэффициентом 1,2 надо во второй ступени пропускать на 1 кг. твердой углекислоты:

$$G'' = 3,21 \cdot 1,2 = 3,86 \text{ кг./кг.}$$

Соответственные вычисления для второй и третьей ступеней сведены в таблицу № 2. В эту же таблицу включены вычисленные выше данные для первой ступени.

Таблица № 2.

	I ступ.	II ступ.	III ступ.	Примеч.
Термич. коэф. совершенства (принято)	1,2	1,2	1,12	
Колич. рабочего вещества на 1 кг. снега . . G кг.	2,035	3,86	7,31	
Начальная температура сжатия t°C	-57°	-50°	-20°	
Адиабатич. работа сжатия AL _{ag} Cal	25,5	15	12	
Действ. коэф. компрессора (принято) η _g	0,8	0,8	0,8	
Действ. работа сжатия AL _g Cal	31,9	18,75	15	
Работа сжатия на 1 кг. снега AL	65,0	72,3	109,5	
Теплосодержание конца сжатия i ₂	189,9	174	173	
Тепло сжатия, отнимаемого охлаждающей водой на 1 кг. снега Cal	34,4	19,4	403 65,0	В конденсаторе В переохладителе.

Полное количество работы, затрачиваемой на сжатие, считая на 1 кг. полученного снега: $AL = 65,0 + 72,3 + 109,5 = 247 \text{ Cal/кг.}$

Полное количество тепла, передаваемого охлаждающей воде на 1 кг. снега: $\approx 530 \text{ Cal/кг.}$

Данные, необходимые для вычисления размеров компрессора сведены в таблице № 3.

Таблица № 3.

	I ступ.	II ступ.	III ступ.	Примечание
Удельный объем в начале сжатия . . . V_1 дм ³	450	60	20	Взято по энтропийной диаграмме (черт. 1).
„ „ в конце сжатия . . . V_n дм ³	100	28	8	
Необходимый объем нетто, описываемый поршнем на 1 кг. снега V^n дм ³	916	232	146	Вычисляется по формуле $V^n = v_2 g$
Волюметрич. коэффициент подачи λ_v	0,82	0,95	0,92	Вычисляется по формуле $\lambda_v = 1 - \epsilon_0 \left(\frac{v_1}{v_2} - 1 \right)$ при чем вредн. пространство ϵ принято в 50%
Весовой коэффициент подачи λ	0,70	0,80	0,78	$\lambda = \lambda_v \cdot \lambda_w$
Полный объем брутто, описываемый поршнем на 1 кг. снега V дм ³	1310	290	188	$\lambda_w = 0,85$ (принято)

По данным таблиц 2 и 3 подсчитываем размеры и расход работы установки, производительностью в $G = 500$ пудов сутки ≈ 8000 кг сутки сухого льда. Считая на 20 часовую работу установки, имеем необходимую индикаторную мощность:

$$N_i = \frac{ALG \cdot 20}{632,3} = \frac{400 \cdot 247}{632,3} = 156 \text{ л. с.}$$

Механическая отдача компрессора принята $\eta_m = 0,85$. Тогда необходимая эффективная мощность:

$$N_z = \frac{N_i}{\eta_m} = \frac{156}{0,85} = 184 \text{ л. с.}$$

Считая потери в передаче, надо поставить мотор:

$$N = 200 \text{ л. с.}$$

Полный часовой расход воды, считая ее нагрев на 14°C:

$$G = \frac{550,0 \cdot G \cdot 20}{14} = 15 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Для вычисления размеров компрессора, подсчитываю необходимый часовой объем, описываемый поршнем компрессора, по формуле:

$$V_r = VG/20$$

где V берется из таблицы 3-й.

В результате имеем:

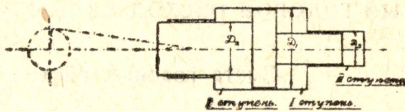
Часовой объем, описываемый поршнем 1 ступени	524 · 10 ⁶ см. ³
„ „ „ „ 2 „	116 · 10 ⁶ см. ³
„ „ „ „ 3 „	75 · 10 ⁶ см. ³

Чтобы получить представление о реальных размерах компрессора принимаем следующую схему его устройства (черт. 3).

Ситая число оборотов в минуту $n=300$ об. мин., ход компрессора $S=D_3$ получаем следующие размеры компрессора:

$D_1=495$ мм.; $D_2=410$ мм.;
 $D_3=175$ мм.; $S=175$ мм.

Компрессор указанных размеров по ориентировочному подсчету должен стоить около 15000 р.



Чер. 3.

Подсчет себестоимости 1 кг. сухого льда.

Исходя из выявленных конкретных размеров, составляем ориентировочную смету первоначальных затрат по установке.

Ориентировочная смета первоначальных расходов.

Здание каменное, кубатура 600 м ³ , считая по 30 руб.	
за куб. метр	18000 р.
2 компрессора 3-х ступнчатый	
$D_1:D_2:D_3=495:410:175$; ход = 175 мм. $n=300$ об/мин (1 резервный) $15000 \times 2 =$	30000 р.
Фундамент, монтаж (25% стоимости)	7600 р.
2 электромотора = 200 л. с. (1 резервный) $1200 \times 2 =$	24000 р.
Фундамент к нему, монтаж (20% стоимости)	4800 р.
3 генератора углекислотного снега (испарители)	12000 р.
Монтаж их (20% стоимости)	2400 р.
1 конденсатор	10000 р.
2 пром. охладителя 5000×2	10000 р.
3 гидравлич. пресса на 50—100 атм. 5000×3	15000 р.
Непредвиденные расходы (25% с суммы)	28900 р.
Итого полная стоимость здания	18000 р.
" " " машин. оборудования	144500 р.

Ориентировочная смета годовых расходов.

Эксплуатационные расходы.

Работа установки предполагается сезонная в течение 100 дней в году, по 20 часов в сутки. Привод от электромотора $N=200$ л. с. ≈ 150 kwт. Коэффициент полезного действия мотора взят 0,95, стоимость тока — 8 копеек за киловаттчас. Годовой расход по электроэнергии:

$$\frac{0,08 \cdot 150 \cdot 20 \cdot 100}{0,95} = 25250 \text{ р.}$$

Годовой расход на воду при расходе ее 15,0 м³/час и цене 25 к. за куб. метр: $0,25 \cdot 15,0 \cdot 20 \cdot 100 = 7500$ р.

Смазочный и обтирочный материал 500 р.

Для обслуживания установки предлагается следующий персонал:

1 заведывающий цехом.

3 мастер производств

4 машиниста (3 сменных и 1 запасный)

4 прессовщика
4 подручных прессовщика
7 чернорабочих.

Расценивая рабочую силу согласно тарифным нормам, получаем полный годовой расход на обслуживающий персонал (см. смету) 22800 р.

Смета годовых расходов по обслуживающему персоналу.

Наименование должности	Число	Разряд, сетка	Единица 1 разр.	Коэфф.	Число ме-ц раб.	Сумма
Зав. цехом	1	7 разряд, 16 разрядн. тарифной сетки инж-техн. персонала . . .	130	1,7	12	2650
Мастер производ. . .	3	2 разряд. той же сетки	"	1,1	12	5150
Машинист	4	8 разряд 8 разрядной сетки . . .	40	2,8	12	5370
Прессовщик	4	4 разряд той же сетки	"	1,7	6	1630
Подручный прессовщик	4	2 разряд той же сетки	"	1,2	6	1150
Чернорабочий	7	"	"	1,2	6	2020
В с е г о						17970

Считая 27% от доб. расходы (соцстрах, культнужды, содержание месткома и т. д.) имеем всего 22800 р.

Полная сумма годовых эксплуатационных расходов, учитывая еще 15% непредвиденных расходов выразится в сумме 64.500 р.

Полные годовые расходы по установке, считая амортизацию здания в 5%, амортизацию машинной части 10% будут 80.000 р.

Выработка сухого льда—400 кг/час, считая по 20 часов 100 дней в году:

$$400 \times 20 \times 100 = 800.000 \text{ кг/год.}$$

Считая 25% на испарения до потребителя имеем полезную выработку:

$$0,75 \times 800.000 = 600.000 \text{ кг/год.}$$

Себестоимость 1 кг. сухого льда:

$$80.000 : 600.000 = 0,1335 \text{ руб.} = 13,5 \text{ коп.}$$

Учтя стоимость основного продукта (газообразной углекислоты) цифрой в 1,5 коп. кг. (стоимость очистки и т. п.), имеем полную стоимость 1 кг. сухого льда в 15 копеек за килограмм.

Эта цифра стоимости значительно $\approx 1,5$ раза ниже приводимых в литературе из американской практики. Так как, тем не менее, реальность приведенной цифры, как ориентировочной, не подлежит сомнению, то остается предположить 2 источника расхождения:

1. Несовершенство процесса работы в выполняемых установках. Выполнение установки, насколько известно, работают с мятием в одну ступень, что должно значительно уменьшить выход продукта при той же примерно затрате работы.

2. Высокая коммерческая прибыль.

Применение сухого льда на транспорте.

Вычислив себестоимость 1 кг. сухого льда, попробуем ориентировочно учесть вопрос об эксплуатационном применении его в качестве источника холода при транспортировании экспортного масла из Сибири.

При атмосферном давлении сухой лед не тает, а непосредственно переходит в пар при $-78,9^{\circ}\text{C}$, причем связывается скрытая теплота сублимации $-136,89 \text{ Cal/kg}$. Полученные пары углекислоты будут иметь ту же температуру $-78,9^{\circ}\text{C}$. Если принять меры к тому, чтобы избежать утечку холодных паров, то можно получить еще некоторое добавочное количество холода. Так как для нужд холодильного транспорта мы имеем обычно необходимость в температуре лишь немного ниже (на $2-8^{\circ}\text{C}$) нуля, то можно рассчитывать, что выпускать будем пар с температурой около -10°C .

Для подсчета тепла, которое пойдет на нагрев паров CO_2 от $-78,9^{\circ}$ до -10°C вполне достаточно воспользоваться прил. уравнением для теплоемкости, рассматривая CO_2 , как идеальный газ. Примем по Планку:

$$C_p = 0,1965 + 0,00023 t$$

Тогда нагреваясь от $-78,9^{\circ}$ до -10°C 1 кг. CO_2 потребует

$$q = \int_{-78,9}^{-10} C_p dt = \left[0,1965 + 0,00023 \frac{-10 - (-78,9)}{2} \right] \cdot [-10 - (-78,9)] = 12,85 \text{ Cal.}$$

Следовательно, всего 1 кг. сухого льда дает холода:

$$136,89 + 12,85 = 149,74 \text{ примем } 150 \text{ Cal/kg.}$$

Отметим, что это количество холода в 2 раза больше того, что может дать 1 кг. обычного льда, и самый холод получается при значительно более низкой температуре.

Далее в вагоне, охлаждаемом сухим льдом углекислоты, совершенно устраняется весьма вредный момент для хранения всякого скоропортящегося продукта, а именно излишняя скорость или влажность воздуха. Следующий простой расчет убеждает нас в этом.

Каждый кг. сухого льда, испаряясь значительно (в 570 раз) увеличивается в объеме. При атм. давлении 1 кг. паров углекислоты занимает объем $365,12 \text{ dm}^3$ при $t = -78,9^{\circ}\text{C}$. При дальнейшем нагреве до -10°C объем, занимаемый 1 кг. должен увеличиться в отношении абсолютн. температур, то-есть

$$В \frac{273 - 10}{273 - 78,9} = 1,35 \text{ раза.}$$

Таким образом, объем 1 кг. выходящей углекислоты будет 495 dm^3 . Если считать, что в вагон будет загружено 1500 кг. сухого льда, то при испарении и нагреве его пар должен занять объем в

$$1500 \times 0,495 = 740 \text{ m}^3.$$

Общий объем обычного маслянного вагона $= 38,5 \text{ m}^3$. Из приведенного видно, что объем полученного пара превышает объем вагона в 19 раз.

Учитывая то обстоятельство, что во время пробега вагон должен быть закрыт возможно плотнее, и, следовательно газ из него должен будет уходить только через неизбежные неплотности в обшивке и изоляции, можно ожидать, что большая часть находившегося в вагоне во время погрузки сухого льда воздуха будет вытеснена. Этим самым будет вытеснена и примесь воды к воздуху и самый воздух.

Основной вопрос о стоимости охлаждения в пути при пользовании сухим льдом углекислоты попробуем осветить следующим подсчетом на пробег обычного груженого масляного вагона Новосибирск—Ленинград. Отметим, что в целях упрощения этого ориентировочного подсчета в него введены известные упрощения, большей частью в невыгодную для нового способа охлаждения сторону, чтобы иметь на более надежные для сравнения величины.

Средняя коммерческая скорость движения изотермического вагона принята, по данным Томской жел. дороги за 1927/28 оп. год—в

$$v = 20 \text{ км/час.}^1)$$

Считая расстояний Новосибирск—Ленинград $L = 3620$ км, имеем время пребывания вагона в пути в часах:

$$n = \frac{L}{v} = \frac{3620}{20} = 181 \text{ час, то-есть } \approx 7,5 \text{ суток.}$$

Для сравнительного расчета мы примем необходимое время пробега вагона Новосибирск—Ленинград по скорости движения товаро-пассажирского поезда—6 суток. Считая как минимум, 4 набивки обычного льда в пути на пополнение, мы имеем полное время движения 7 суток. К этому надо добавить:

12 часов от начала набивки льда до подачи к холодильнику с загрузкой масла в Новосибирске.

12 часов от окончания загрузки масла до отправки из Новосибирска.

24 часа от момента прихода вагона в Ленинград до разгрузки—всего 2 суток.

Таким образом, полное пребывания изотермического масляного вагона под охлаждением определяется в 9 суток или $= 216$ часов (при охлаждении обычным льдом).

При охлаждении сухим льдом это время может быть сокращено на:

1) 12 часов в Новосибирске, то-есть предварительного охлаждения вагона не требуется.

2) 24 часа в пути, так как необходимость пополнения льда отпадает. Итого 26 часов, что дает время пребывания вагона под охлаждением:

$$n_c = 180 \text{ часов.}$$

Коэффициент теплопроводности стенок вагона принят в дальнейшем расчете $K = 0,45$. Эта цифра принята, как некоторое среднее для всего вагона, после просчета среднего коэффициента теплопроводности ряда изотермических вагонов, описанных в литературе, а также по данным инж. П. И. Денисова²⁾. Этот коэффициент немного меньше того, который получался при довоенной изоляции масляного вагона только пробкой, хотя он достигался в других вагонах. При современ-

¹⁾ Колеблется в пределах 16,5 до 23 км/час.

²⁾ XXXIII Сов. Съезд Инж. подв. состава и тяги. Мошава. 1924 г. Стр. 382.

ных типах изоляции вагонов шевелином, морозином, войлоком и т. д. коэффициент теплопроводности обычно не превосходит указанной величины.

Нет никакого сомнения¹⁾, что коэффициент теплопроводности стенок вагона должен выбираться из экономических отношений, как наивыгоднейший. В этом случае надо ожидать, что вагоны с охлаждением сухим льдом должны быть снабжены более совершенной изоляцией, с меньшим коэффициентом теплопроводности, чем вагоны с охлаждением обычным льдом. Приняв, однако, одинаковый коэффициент теплопроводности для обоих типов вагонов, мы этим преувеличиваем расход льда, то-есть рассчитываем его количество с некоторым запасом.

Температура наружного воздуха принята в 22°C , а температура внутри вагона при охлаждении обычным льдом $+2^{\circ}\text{C}$, при охлаждении же сухим льдом -2°C . Таким образом расчетная разность температур при охлаждении обычным льдом:

$$\Delta t_0 = 22 - 2 = 20^{\circ}\text{C}.$$

При охлаждений сухим льдом:

$$\Delta t_c = 22 - (-2) = 24^{\circ}\text{C}.$$

Для практики маслоэкспорта значение разницы от $+2$ до -2°C при хранении и перевозке масла настолько очевидна, что на ней останавливаться излишне.

Тепловой расчет, конечно, не учитывает „качества“ температуры охлаждения, но не подлежит сомнению, что при столь низкой температуре основного охлаждающего агента, как сухой лед ($-78,9^{\circ}\text{C}$) достижения внутри вагона температуры в -2°C значительно легче, чем достижения $+2^{\circ}\text{C}$ при охлаждении обычным льдом, с температурой таяния около 0°C .

Расчет поведем на обычный „маслянный“ вагон, основные данные о котором помещены в таблице № 4.

Таблица № 4.

Число осей	Тара	Подъемн. сила	Внутренний размер	Общая пар. поверхн.	Погруз. площ.
2	20	15,6 т.	$6,356 \times 2,743 \times 2,222 \text{ м}^3$	$F = 85,98 \text{ м}^2$	$f = 13,96 \text{ м}^2$

Охлаждающие приборы: число 8, у торцовых стенок, размеры

$$0,410 \times 0,410 \times 1,500 \text{ м}^3.$$

Необходимое количество холода для охлаждения вагона в пути нетто при охлаждении обычным льдом:

$$Q^{\text{н}}_0 = K \cdot F \cdot \Delta t_0 \cdot n_0 = 0,45 \times 85,8 \times 20 \times 216 = 167000 \text{ Cal.}$$

То же при охлаждении сухим льдом:

$$Q^{\text{н}}_c = K \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot n_c = 0,45 \times 85,8 \times 24 \times 180 = 167000 \text{ Cal.}$$

При учете количества льда необходимо, кроме этого расхода холода нетто учесть еще ряд разнообразных потерь холода, иногда весьма значительных.

¹⁾ Хотя подобных расчетов в практике не делают.

Чтобы получить представление о величине этих потерь, были использованы результаты двух опытных перевозок:

Опытная перевозка Астрахань—Петроград¹⁾ и опытная поездка, Курган—Ленинград летом 1924 года²⁾. При этом планированием термометрами определялась средняя разница температур за время пробега подсчитывалось необходимое количество льда нетто и сравнивалось с действительно израсходованным. Результаты подсчетов сведены в таблице № 5.

Т а б л и ц а № 5.

№ вагона	Средняя разность температур.	Неоход. количеств. льда пудов в сутки	Израсх. льда пудов в сутки	Кэффиц. использовани	Примечание
212.473	13,94	9,7	17	57%	Опытная поездка Астрахань-Петроград июнь июль 1915 г.
119.976	21,4	14,8	27	55%	
212.520	16,6	15,95	21	76%	
848.540	22	21,3	53,8	39%	Опытная поездка Курган-Ленинград июль 1924 г.
847.323	25,9	25,1	52,7	47,5%	

Коэффициент использования вычислялся как отношение

$$\eta = \frac{\text{Необходим. количество льда}}{\text{Израсходов. количество льда}} \times 100\%.$$

На основании этих данных коэффициент использования при охлаждении обычным льдом принят в 50%.

Необходимое количество обычного льда G_0 , считая, как обычно при охлаждении с солью скрытую теплоту плавления 75 Cal/кг.

$$G_0 = \frac{Q_{H_0}}{75 \times \eta} = \frac{167000}{0,50 \times 75} = 4500 \text{ кг.}$$

В добавок к этому расход соли, считая в среднем 10—12% по весу от загрузки льда:

$$G = 0,11 G_0 = 0,11 \times 4500 \approx 490 \text{ кг.}$$

Стоимость льда в заготовке, по данным инж. П. И. Денисова³⁾ в 1923/24 оп. году составляла в среднем 20 руб. 30 коп. за 1 куб. сажень с значительными колебаниями от 32 р. 90 к. до 6 р. 90 к.

В виду сильного колебания этих цифр и значительной их неустойчивости по годам для подсчетов принята средняя стоимость льда по данным Томской жел. дороги за 1927/28 оп. год. Эти данные следующие:

Стоимость заготовки	1 м ³ = 1 рубль.
„ погрузки в вагон	1 „ = 2 рубль.
„ соли	1 „ = 26 рублей.

¹⁾ Известия Комитета по холодильному делу 1917 г. № 1.

²⁾ Данные представлены в распоряжение автора участником т. Рабальченко.

³⁾ П. И. Денисов. Холодильный железнодорожный транспорт. Москва. 1926 г.

По этим данным стоимость 1 м³ льда, загруженного в вагон подсчитана следующим образом. Процент таяния льда в заготовке по данным инж. П. И. Денисова, 25—50%. Для сибирских условий принята цифра близкая к низшему пределу 30%. Считая удельный вес льда в заготовке 0,7 стоимости погрузки 2 рубля, имеем стоимость 1 кг. льда в вагоне:

$$a = \frac{\frac{100}{0,7 \times (1 - 0,3)} + 200}{1000} = 0,404 \text{ коп./кг.}$$

стоимость всего льда для охлаждения с погрузкой.

$$a_0 \cdot G_0 = 0,404 \times 4500 = 18 \text{ р. } 20 \text{ к.}$$

Стоимость соли:

$$\frac{2600}{1000} g_0 = 2,6 \times 490 = 12 \text{ р. } 70 \text{ к.}$$

Полная стоимость охлаждения в пути:

$$18 \text{ р. } 20 \text{ к.} + 12 \text{ р. } 70 \text{ к.} = 30 \text{ р. } 90 \text{ к.}$$

Принятый нами тип вагона вмещает 150 бочек или 8 т. масла.

Расход в пути на охлаждение одной тонны масла.

$$K_0 = \frac{30 \text{ р. } 90 \text{ к.}}{8} = 3 \text{ р. } 86 \text{ к.}$$

При подсчете на 1 т. масла в сутки это дает стоимость охлаждения 43 к. кг. Эта цифра значительно (в 5 раз) превышает приведенную в Hütte¹⁾ цифру в 8,1 коп./т., при чем в последнюю цифру включены все расходы по холодильным перевозкам. Очевидно, что последняя цифра подсчитана для других (вероятно, довоенных) соотношений, так как стоимость одного льда в заготовке дает цифру, в подсчете на 1 т. масла, большую.

При охлаждении сухим льдом, необходимое количество найдем из условий, что 1 кг. сухого льда, испаряясь и нагреваясь, поглотит 150 Cal./кг. При этом следует ожидать значительно лучшее использование холода в вагоне, так как отпадает ряд факторов, ухудшающих использование холода. В самом деле, необходимое количество сухого льда для охлаждения в вагоне не велико и может быть загружено в вагон сразу, на станции отправления, без необходимости возобновления его в дальнейшем. Затем в устройстве вагона выпадают места, где неплотности являются наиболее вероятными (крышка загрузочных люков, отверстия сифонов и так далее). В виду значительной холодоемкости сухого льда и расположения его в вагоне над охлаждаемым продуктом, запас сухого льда к концу пробега может быть сделан минимальный, чего, как известно, не допускают при обычном охлаждении. Опытные перевозки в Америке сухим льдом, на которые указывалось выше, подтверждают этот результат. Количество загруженного в них сухого льда лишь немного превышало теоретически необходимое. Тем не менее для осторожности мы введем коэффициент использования вагона при охлаждении сухим льдом $\xi = 0,75$

¹⁾ Hütte транспортный.

Необходимое количество сухого льда при этом определяется

$$G_c = \frac{Q_c''}{150 \times \eta_c} = \frac{167000}{0,75 \times 150} = 1500 \text{ кг.}$$

Цена сухого льда определена выше в 15 коп. кг. или 150 рублей за тонну. Стоимость загрузки сухого льда не должна превышать стоимости загрузки обычного льда. Примем стоимость погрузки 1 т. сухого льда в 3 рубля, тогда полная стоимость охлаждения вагона в пути составит $1,5 (150 + 3) = 230$ руб.

По абсолютной величине эта цифра в 6,5 раз больше стоимости охлаждения обычным способом—льдом с солью, т. е. не может быть речи о применении этого способа охлаждения там, где обычный ледо-соляной метод достаточно удовлетворителен. Но в тех случаях где этого нет, там главную роль будет играть не абсолютная стоимость охлаждения, а разница в расходах на каждую единицу веса и разницу в продажной цене.

Стоимость охлаждения на 1 т. масла при обычном охлаждении указаны выше. При подсчете стоимости охлаждения на единицу веса сухим льдом необходимо учесть увеличение емкости вагона при охлаждении сухим льдом. Это увеличение емкости обуславливается двумя причинами:

1) Отпадает необходимость в охлаждающих карманах уторцовых стенок вагона, отнимающих довольно значительную площадь, которая может быть использована. Подсчет по данным, приведенным выше, дает выигрыш площади в 16%.

2) Имеется возможность значительно лучшего использования кубатуры вагона, так как нет необходимости оставлять столь значительное расстояние между верхом боченков и потолком вагона, как это делается при обычном охлаждении для циркуляции воздуха. Некоторый объем вагона, правда весьма небольшой, будет использован для размещения ящиков с сухим льдом. Но их размещают вверху, под самым потолком, где все равно загрузка перевозимого груза невозможна.

Учитывая, как минимум, выигрыш в загрузке вагона пропорционально выигрышу площади, освобождающейся от приборов охлаждения в 15%, имеем при загрузке сухим льдом вес перевозимого масла:

$$1,15 \times 8,0 = 9,2 \text{ тонны.}$$

При этих условиях расход в пути Новосибирск-Ленинград на охлаждение одной тонны масла выразится так:

$$K_c = \frac{230}{9,2} = 25,0 \text{ руб. тонна.}$$

По сравнению с охлаждением обычным льдом с солью, охлаждение сухим льдом будет дороже на

$$25,0 - 3 \text{ р. } 86 \text{ к.} = 21 \text{ р. } 14 \text{ к. на тонну или на } 35,2 \text{ коп. пуд.}$$

Найденная величина при уточнении подсчета еще несколько снизится. Не останавливаясь здесь на численном ее значении, отметим только главнейшие основания этого снижения. Они лежат в следующем:

- 1 — в уменьшении длительности оборота вагона по крайней мере на один день,
- 2 — в лучшем использовании подъемной силы вагона,

3 — в доведении до минимума ухода за вагоном ледником по заботам о возобновлении запаса льда в пути.

Как было выяснено выше применение сухого льда удорожает стоимость охлаждения в пути экспортного сибирского масла на 32,5 копейки на пуд, но в то же время обеспечивает увеличение расценки сибирского масла на Лондонском рынке.

Это увеличение, осторожно взятое в 2 рубля на пуд за вычетом увеличенных расходов на применение сухого льда дает $200 - 32 = 1$ р. 67,5 коп. на каждый пуд масла.

Если помимо этого принять во внимание, что углубленное охлаждение даст возможность увеличить влагоемкость масла на 2—3% по его весу, то это дает повышение стоимости сибирского масла, судя по ценам его на 1927 г. в 22 р. $50 \times 0,2$ на = 45 копеек или в 22 р. $50 \times 0,03 = 67,5$ коп. за каждый пуд.

Таким образом, общее увеличение стоимости сибирского масла в Лондоне в связи с применением сухого льда, судя по приведенным подсчетам, могло-бы подняться на $165 + (45 \text{ или } 67,5)$ коп. то есть на величину 2 р. 10—2 р. 32 коп.

Принимая при этих условиях годовую величину экспорта сибирского масла в 3.000.000 пудов, можно видеть, что применение сухого льда может дать Сибирскому маслodelию добавочных 6,3—7,0 миллионов рублей ежегодно.

Остановимся теперь на вопросе о том, за счет какого сырья возможно получение так называемого „сухого льда“.

В этом отношении инженер В. Н. Рулев приводит из практики С. А. С. Штатов следующие помещенные ниже сведения:

Углекислый газ получается сжиганием под паровым котлом, обмурованным высокой огнеупорности материалом, кокса. Котел работает без дымовой трубы, но с искусственной тягой, так регулируемой, чтобы горение происходило бы с очень малым избытком кислорода для избежания образования окиси углерода и сероводорода. Пар идет в паровую машину, обслуживающую компрессора, вентиляторы, насосы и проч. машины производства. Продукты горения из-под котла идут в экономайзер, где они, подогревая питательную воду, охлаждаются до температуры в 15° С. Эта газовая смесь состоящая из 17—18% углекислого газа, затем, главным образом, из азота и небольшого количества кислорода, промывается, очищается и охлаждается водою в двух башнях, наполненных камнями. Из этих башен газыотсасываются эксгаустером, нагнетающим их в поглотитель (абсорбер), состоящий из двух последовательно включенных башен, наполненных коксом, который орошается 10% раствором соды. Этот раствор поглощает из газовой смеси углекислоту, при чем 70% его превращается в раствор двууглекислого натра. Азот и остаток кислорода выпускаются из второй башни в атмосферу. Раствор двууглекислого натра накачивается насосом в генератор углекислоты, нагреваемой отработавшим паром силовой установки с небольшим добавлением острого пара до 115° С. При этой температуре из раствора выделяется 99,9—99,95% углекислоты и горячий регенерированный раствор соды, содержащий еще несколько бикарбоната подается через обменитель температур состоит из 2-х концентрических труб, по одной из которых течет горячий раствор соды из генератора в башню, а по другой идет холодный раствор соды из поглотительной башни в генератор углекислоты. Образовавшаяся в генераторе чистая, газообразная углекислота с давлением около $\frac{2}{3}$ атмосферы охлаждается для удаления из нее воды и затем поступает в трехступенчатый компрессор с водяным охлаждением между ступенями, где и ожижается под дав-

лением в 75 атмосфер. Полученная таким образом жидкая углекислота или разливается в стальные баллоны для отправки, или поступает в испаритель для превращения в снег. Весь вышеописанный процесс происходит почти автоматически; рабочие руки нужны только для обслуживания котельной топки (подоча топлива, чистки колосниковой решетки) и для наполнения баллонов.

Одна установка дает 1000—1,350 кг. углекислого снега в день. Снег прессуется в куски двух размеров: в виде кубиков с ребром в 255 мм. весом по 17—18 кг. и в виде цилиндров в 75 мм. диаметром и 150—200 мм. высотой. Эти куски распиливаются деревянной пилой на части любых размеров.

Потеря снега с момента выемки его из аппарата до момента упаковки в прессованном виде сухого льда для отправки составляет около 10% по весу снега. Сухой лед продается в Америке за половину цены жидкой углекислоты.

В условиях Сибири источником углекислого газа для получения сухого льда мог бы быть по примеру Америки указанный выше сжигаемый кокс. Помимо этого вторым источником могла бы служить углекислота винокуренных сибирских заводов.

Как известно в винокурении около 20% по весу перекуриваемых зерновых продуктов, или около 45% от сброженного крахмала, превращается в углекислый газ, безвозвратно и бесполезно теряемый в атмосферный воздух. Этот то газ и можно было бы после предварительной очистки его промыванием водой от спирта и других летучих примесей пустить на производство сухого льда. Как велики массы непроизводительно теряемой в винокурении газообразной углекислоты можно видеть из того, что один только Новосибирский винокуренный завод с годовой производительностью около 300.000 ведер спирта (40°) в 1927—28 г. выпустил за год в воздух около 60.000 пудов газообразной углекислоты.

Использование углекислоты в винокуренных заводах могло бы дать возможность этот отброс превратить в известной ценности отход. Кроме того этим было бы обеспечено винокурению получение еще некоторого добавочного дохода в размере по крайней мере одного градуса спирта с пуда затираемого зерна. Это составило бы для такого завода, как Новосибирский, около 300.000° спирта.

В связи с сезонностью масло-экспорта в течение 4-5 месяцев весеннего, летнего и осеннего времени потребность в углекислоте винокуренного завода была бы ограничена временем причем наибольший запрос в углекислоте падает на наиболее жаркое время года, когда в настоящих условиях винокурение не может работать.

Но при наличии получения сухого льда, такое положение может существенным образом измениться, так как главное затруднение в этом отношении лежит в солодовании в период летнего жаркого времени года.

Но если на винокуренном заводе будет поставлено получение сухого льда, то очевидно, что таковой завод при своих новых задачах и средствах в связи с этим найдет у себя и новые возможности как экономические, так и технические для обеспечения себя специальными установками для успешного холодования в теплое время года.

В отношении же требуемых изменений оборудования винокуренного завода специально для использования его углекислоты, то в этом отношении в самом производстве винокурения потребуются очень немного—только закрытые железные бродильные чаны соответствующего устройства и приспособления для промывания отходящей угле-

кислоты для освобождения ее от уносимого ею этилового алкоголя и прочих летучих примесей легко удерживаемых водою. Все остальное специальное оборудование связанное с последующим улавливанием и превращением очищенной газообразной углекислоты и превращением ее в твердое состояние относится уже к производству сухого льда, что было рассмотрено в своем месте в предыдущем изложении. Стоимость приспособления винокуренного завода, такого, как Новосибирский, обошлось бы ориентировочно в 220—150.000 р.

Основные положения, сущность и крупные преимущества замены обыкновенного льда сухим при экспорте сибирского масла за границу совершенно понятны и очевидны. Однако условия практического оформления этой задачи, только что начавшей на единичных случаях осуществляться за границей нам еще очень мало известны и доступны. Пока все доходящие до нас сведения в этом отношении ограничиваются лишь краткими сообщениями специальной журнальной литературы. Естественно, что при подобных условиях такое большое по своему значению и масштабу начинание для Сибири для своего практического осуществления в широком масштабе Сибирского маслотранспорта потребует еще серьезной специальной как теоретической, так и технической подготовительной проработки. Проработки эти должны развернуться в нескольких направлениях, включив следующие группы основных вопросов:

- I—а) Выяснение химико-технологической и организационной промышленной стороны производства сухого льда.
 - б) Изучение условий использования сухого льда—его стойкости, испарительной способности в различных условиях времени, температуры и так далее.
 - II—а) Выяснение общего эффекта влияния различных степеней глубины охлаждения и его длительности на Сибирское масло; выявление его физико-химических констант и возможных изменений внешнего вида, консистенции структуры.
 - б) Дифференцировка общего эффекта охлаждения масла по влиянию отдельных главнейших факторов и выяснение оптимальных условий действия каждого из них.
 - д) Изучение влияния на сибирское экспортное масло темпа охлаждения.
 - е) Установление отношения к различным условиям глубокого охлаждения возможностей развития опасных плесеней на масле.
- Все опыты раздела II проводятся в условиях статических.
- III— Выяснение вопросов раздела II в масштабе и условиях обычного жел.-дорожного транспорта.
 - IV— Разработка и увязка транспортных вопросов—конструкция, устройство масло-вагонов, их обслуживание и тому подобное, при пользовании сухим льдом.
 - V— Проверка всех полученных данных на пробном-опытном транспорте масла с всесторонним испытанием масла до и после его транспорта. Учет его результатов пробных перевозок масла с охлаждением сухим льдом и подготовка материалов к стандартизации этого нового способа охлаждения для масло-транспорта.

Выдвигаемая в отношении сибирского маслотранспорта идея сухого льда по своему практическому приложению может быть значительно расширена распространением ее вообще на транспорт скоропортящихся вывозимых и ввозимых в Сибирь продуктов, таких как: рыба, мясо, яйца, фрукты и тому подобное. При чем в одних случаях

сухой лед может иметь значение специфического средства необходимого углубленного охлаждения, тогда как в других он может играть роль концентрированного источника значительного средоточия охлаждающей энергии, которая при соответствующих условиях оборудования вагонов-холодильников, напр. при определенном токе наружного воздуха через льдохранилища, могла бы служить удобным и надежным средством длительного охлаждения для сравнительно умеренного понижения температуры.

Указанные способы охлаждения сухим льдом приобретают особенное значение и ценность для транспорта в военное время для территорий военных действий и прифронтовых областей, где нельзя рассчитывать на регулярное повторное питание обычным льдом вагонов-холодильников.

Томск
Сибирского Технологического Института
20 июня 1929 года.