

ОХЛАЖДЕНИЕ РЫБЫ В ДРОБЛЕНОМ ЛЬДУ¹

В. Х. Озолинг

(Холодильная лаборатория. Руководитель проф. Ф. С. Касаткин)

COOLING OF FISH IN CRUSHED ICE

By Osoling V. Ch.

I. УДЕЛЬНЫЕ ОБЪЕМЫ ДРОБЛЕНОГО ЛЬДА И КОЭФИЦИЕНТ ПЛОТНОСТИ УКЛАДКИ РЫБЫ, УПАКОВАННОЙ В ЛЕД

При проектировании трюмов рыболовных судов, изотермических вагонов, тары для охлажденной рыбы и т. п. необходимо иметь достаточно точные данные об удельных объемах рыбы и льда при различных весовых соотношениях между ними (или так называемый коэффициент плотности укладки их). Коэффициентом плотности укладки называется частное от деления объемного веса рыбы, помещающейся в данной таре, на ее удельный вес. Например, при емкости ящика в 1 м^3 и весе рыбы нетто в 500 кг и удельном весе ее около 1, коэффициент плотности укладки равняется $\frac{0,5}{1} = 0,5$.

Проектирующие организации до сих пор принимали для рыбы в качестве коэффициента плотности укладки самые разнообразные и иногда сильно расходящиеся цифры. Так, в проекте Астраханской филейной фабрики при расчете оросительного конвейера этот коэффициент был принят равным 0,65, при подсчете емкости аккумулятора — только 0,5. Цифры совершенно другого порядка применяют, повидимому, ленинградские проектировочные организации при подсчете емкости трюмов изотермических рыбниц. Коэффициент плотности укладки по их данным колеблется от 0,8 до 0,85. В проекте Мурманской тралбазы коэффициент плотности укладки для аккумуляторных ящиков принят равным 0,55. Как видно, разница в цифрах весьма существенная. Необходимо добавить, что все цифры, как по филейной фабрике, так и Мурманской тралбазе относятся к рыбе без льда, а цифры по рефрижераторам, повидимому, должны относиться к рыбе, уложенной в дробленый лед.

Для выяснения истинных значений коэффициента плотности укладки не только для одной рыбы (судака), но, что особенно существенно, для рыбы, пересыпанной льдом, при различных весовых соотношениях

¹ Работа проведена автором совместно с Хитровым А. Ф. в 1934 г.

между ними и различной степени дробления, нами было проведено в 1934 г. большое количество определений в лабораторных условиях. Кроме того было произведено несколько определений плотности укладки парной воблы вместе с обыкновенным промысловым дробленым льдом на промысле им. Крупской в Астрахани.

Определение плотности укладки производилось следующим образом. В ящик емкостью в $0,14 \text{ м}^3$ укладывалась рыба, и каждый ряд ее перекладывался определенным количеством льда; после этого производилось определение веса рыбы и льда, уложенных в ящик.

Удельный вес льда был принят¹ 0,91, удельный вес судака (по данным Лобзина П. П.) 0,97.

Были исследованы три степени дробления льда.

1. Мелкий дробленый лед при средних размерах кусков от 0,5 до 2 см (этот вид льда был наименее однородным по величине вследствие трудности получения его вручную без применения отсеивания).

2. Лед средней степени дробления (величина кусков $4 \times 4 \times 4 \text{ см}$ в среднем) удовлетворительной однородности.

3. Крупный лед (средний размер кусков в $10 \times 10 \times 5 \text{ см}$).

Для всех этих видов льда были определены объемные веса и коэффициенты плотности укладки (табл. 1).

Таблица 1

	Объемный вес кг/м ³	Удельный объем м ³ /т	Коэффициент плотности укладки
1. Крупный лед ($10 \times 10 \times 5 \text{ см}$)			
Определение 1	470	2,13	
" 2	492	2,03	
" 3	534	1,88	
" 4	500	2,00	
Среднее	500	2,00	0,550
2. Лед средней степени дробления ($4 \times 4 \times 4 \text{ см}$)			
Определение 1	558	1,79	
" 2	518	1,93	
" 3	551	1,82	
" 4	550	1,87	
" 5	565	1,77	
" 6	575	1,74	
" 7	550	1,82	
Среднее	550	1,82	0,605
3. Мелкий лед ($1 \times 1 \times 1 \text{ см}$)			
Определение 1	595	1,68	
" 2	567	1,77	
" 3	623	1,91	
" 4	556	1,8	
Среднее	560	1,78	0,616

При равномерном дроблении все промежуточные значения величины отдельных кусков должны, повидимому, давать такие значения коэффициента плотности, которые лежат на кривой, построенной по найденным нами трем точкам (рис. 1).

¹ Комаровский В. Структура и физические свойства ледяного покрова пресных вод, 1932.

Для льда неравномерной степени дробления коэффициент плотности выше благодаря заполнению промежутков между большими кусками более мелкими.

При определении коэффициентов плотности, относящихся к дробленому льду, полученному на примитивной льдодробилке промысла им. Крупской в Астрахани и состоявшему из смеси очень крупных и мелких кусков, были получены следующие цифровые данные:

Объемный вес = 625 кг/м^3
 Коэффициент плотности укладки = $0,687$
 Удельный объем = $1,6 \text{ м}^3/\text{т}$

Из приведенных цифровых данных можно вполне определенно видеть закономерность изменения плотности укладки дробленого льда в зависимости от степени дробления.

Плотность укладки является минимальной при дроблении льда на большие куски ($10 \times 10 \times 5 \text{ см}$); в этом случае между отдельными кусками льда получаются очень большие полости, которые не могут быть заполнены кусками льда указанных размеров.

При дроблении льда на куски средних размеров ($4 \times 4 \times 4 \text{ см}$) объемный вес льда значительно возрастает и достигает величины в 550 кг/м^3 ; по отношению к объемному весу крупных кусков (500 кг/м^3) это увеличение равняется 10% .

Дальнейшее увеличение степени дробления льда имеет следствием лишь незначительное увеличение объемного веса дробленого льда. Объясняется это следующим: промежутки между отдельными кусками льда в этом случае уменьшаются, в то же время появляется очень большое количество мелких полостей между кусочками льда, отчего суммарный объем этих полостей увеличивается.

Можно предполагать, что при очень высокой степени дробления плотность льда будет падать, приближаясь к плотности некоторых видов снега.

Значительные колебания отдельных цифровых данных о плотности укладки мелкого льда, полученные в результате нашей работы, объясняются трудностью приготовления вручную льда в виде равномерных по величине кусков. Полученная нами очень высокая плотность укладки промыслового льда (625 кг/м^3), повидимому, объясняется неравномерностью его дробления.

Кроме того было произведено определение коэффициента плотности при различных способах укладки рыбы, т.е. при различных соотношениях между льдом и рыбой, и установлено влияние степени дробления льда на коэффициент плотности.

Исследованию были подвергнуты варианты в $100, 75, 50$ и 25% льда по отношению к 100 частям рыбы, наиболее часто встречающиеся в практике и наиболее типичные. При пересчете этих условных процентов на процентное содержание льда в смеси с рыбой (в весовых процентах) мы получаем:

100% соответствуют 50% льда в смеси 50% соответствуют $33,3\%$ льда в смеси
 75% " 43% " " " 25% " " " " " "

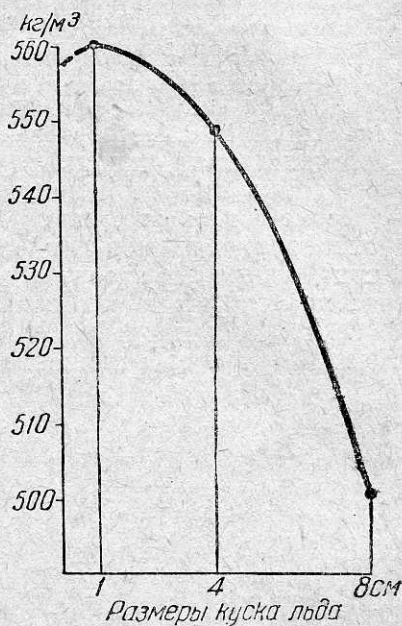


Рис. 1. Зависимость объемного веса дробленого льда от степени дробления

Основное количество опытов было проведено со льдом средней степени дробления ($4 \times 4 \times 4$ см). Для изучения влияния размеров кусков льда на коэффициент плотности укладки были сделаны определения плотности при упаковке рыбы в лед различной степени дробления, т. е. с кусками более крупными и более мелкими.

Опыты производились с дефростированным судаком, упакованным в небольшие ящики различной емкости. Два обстоятельства (качество сырца и размер тары) заставляют признать, что для окончательного установления коэффициента плотности необходимо в будущем повторить основные определения с парным судаком различной степени свежести (с мясом упругим, а не дряблым, как это имело место в случае дефростированного судака) и в ящиках большой емкости. Последнее обстоятельство особенно важно, так как самая незначительная ошибка в определении высоты слоя рыбы в ящике может быть причиной неточности полученных результатов.

Несмотря на это, полученные нами цифровые данные, особенно в отношении ящиков емкостью в $0,14 \text{ м}^3$, показывают характерную закономерность и вносят определенную ясность в вопрос о величине коэффициента плотности укладки при различных условиях.

Опыты над парной воблой¹ были произведены в ящиках емкостью в $0,14 \text{ м}^3$ при соотношениях между льдом и рыбой в пределах от 100 до 50%.

При 100 и 75% льда оказалось необходимым укладывать в ящик три слоя воблы и четыре слоя льда; при 50% — два слоя рыбы и три слоя льда.

Плотность укладки воблы при различном соотношении между льдом и рыбой видна из табл. 2.

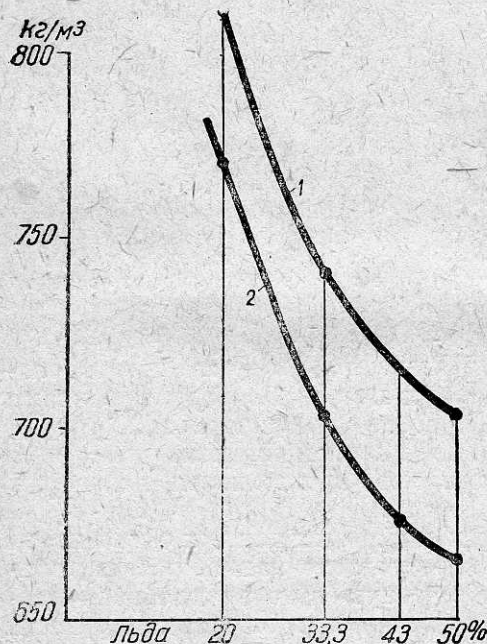


Рис. 2. Зависимость объемного веса от процентного соотношения между льдом и рыбой при различной величине кусков: 1 — куски льда размером $2 \times 2 \times 2$ см, 2 — куски льда размером $4 \times 4 \times 4$ см.

Крайняя неравномерность дробления льда, применявшегося при этих опытах, является, по видимому, причиной совпадения результатов для 100 и 75% льда. Основные опыты по определению плотности укладки дефростированного судака (весом около $1,25 \text{ кг}$ в среднем) производились при принятом нами дроблении льда (размеры $4 \times 4 \times 4$ см в среднем). Результаты опытов сведены на рис. 2 и в табл. 3, где показана зависимость объемного веса судака и коэффициента плотности укладки от соотношения между льдом и рыбой.

¹ Прилов в виде мелкого леща, жереха и т. д. не отделяется и составляет около 10—15%.

Таблица 2

Количество льда	Объемный вес кг/м^3	Удельный объем $\text{м}^3/\text{т}$	Коэффициент плотности укладки
100%	714	1,4	0,76
75%	715	1,4	0,76
50%	732	1,36	0,77
50%	730	1,37	0,77

Таблица 3

	Объемный вес в кг/м ³	Удельный объем м ³ /т	Коэффициент плотности укладки
1. Куски льда 4×4×4 см			
100% льда			
Опыт 1	661	1,51	
" 2	675	1,48	
" 3	680	1,47	
" 4	660	1,52	
" 5	652	1,53	
Среднее .	665	1,50	0,70
75% льда			
Опыт 1	680	1,47	
" 2	683	1,46	
" 3	655	1,53	
" 4	670	1,49	
Среднее .	672	1,49	0,72
50% льда	700	1,43	0,73
25% льда	770	1,30	0,83
2. Куски льда 2×2×2 см			
100%	704	1,42	0,75
50%	738	1,36	0,77
25%	810	1,23	0,85

Объемный вес мороженой рыбы меньше охлажденной или дефростированной, так например, для мороженого судака он равен 572, удельный объем 1,75.

Цифровые данные показывают, что в практике часто берут преуменьшенные цифры плотности укладки, особенно если речь идет о сырце, у которого посмертное окоченение окончилось.

II. ПРОЦЕССЫ ТАЯНИЯ ДРОБЛЕННОГО ЛЬДА В ЯЩИЧНОЙ ТАРЕ

Прежде чем изучать законы охлаждения рыбы во льду, необходимо выяснить основные вопросы, связанные с таянием дробленого льда в ящичной таре.

Одним из таких вопросов является температурный режим как в толще самого льда, так и в тех слоях его, которые соприкасаются с рыбой. Точное представление об этом процессе не только частично решает проблему таяния дробленого льда в ящичной таре, но и облегчает понимание процессов охлаждения рыбы.

Температура в небольшом ящике стандартных размеров (80×40×20 см) измерялась в промежутках между кусками дробленого льда на различном расстоянии от дна ящика. Кроме того замеры температур воздуха производились в щелевидном пространстве между стенкой ящика и льдом, в углах его, а также на различной высоте от верхней поверхности льда.

Все эти замеры производились при различных температурах окружающего воздуха, начиная с +5° до +25°; во всех опытах ящик не

закрывался, искусственная циркуляция воздуха отсутствовала. Внутри ящика и около него могли иметь место конвекционные токи, интенсивность которых внутри ящика затруднялась тем, что холодный воздух не мог вытекать из ящика, если не принимать во внимание двух маленьких дренажных отверстий для стока талой воды в дне ящика.

Кроме изучения влияния наружной температуры на температурное поле внутри ящика исследовалось также влияние на него размеров кусков льда.

В результате многочисленных замеров температуры оказалось, что между кусками льда при любых вышеприведенных условиях всегда устанавливается температура, практически равная 0° . Лишь в некоторых случаях, как например, при наружной температуре в 25° и очень крупных кусках льда, внутри массы которых находились большие полости (9×3 см), проходившие через всю высоту ящика от поверхности до его дна ($H=10$ см), нами были установлены температуры, лежащие между 0° и $+1^{\circ}$; в указанных полостях на половине высоты ящика температура была равна $+0,8^{\circ}$.

При использовании льда большей степени дробления и при менее высокой температуре окружающего воздуха можно, следовательно, считать, что таяние происходит только на наружных поверхностях льда.

В широких щелевидных промежутках, образующихся в процессе таяния между льдом и стенками ящика, температура повышается незначительно, несмотря на наличие одностороннего охлаждения. Так например, при температуре окружающего воздуха в $+21^{\circ}$ и больших промежутках (от 6 до 10 см) температура между льдом и стенкой ящика не поднималась выше $+3^{\circ}$.

Все приведенные нами цифровые данные говорят за то, что холодный воздух накапливается благодаря своей тяжести внутри ящика и лишь медленно обновляется при нагревании его наружным воздухом.

Температурное поле на верхней поверхности льда изменяется более резко, чем с боков, и изотермы высоких температур проходят близко от поверхности льда. Если во льду имеются углубления, то в них имеют место температуры, значительно более низкие. Так, в одном опыте с мелким льдом при $+18^{\circ}$ окружающего воздуха температура во впадинах глубиной 4—5 см в начале опыта была -2° (т. е. имело место переохлаждение льда). По достижении установившегося состояния процесса таяния температура здесь достигла $+2^{\circ}$, т. е. перепад температуры по отношению ко льду равнялся всего только 2° .

В том же опыте на высоте 2 см от поверхности льда температура уже равнялась $+13^{\circ}$, $+14^{\circ}$, иными словами, перепад температуры по отношению к окружающему воздуху достигал от 4 до 5° .

Измерение температур на высоте до 4 см от поверхности льда показало, что перепад между указанными температурами уменьшился до $2-3^{\circ}$.

Все это, конечно, объясняется тем, что воздух, охлаждаемый льдом, имеет возможность стекать с открытой верхней поверхности льда.

В ящике, закрытом крышкой, наблюдается следующая картина: утечка холодного воздуха в этом случае затрудняется; над поверхностью льда имеет место более редкое расположение отдельных изотерм. Так например, в опыте с ящиком в $80 \times 40 \times 20$ см были получены при температуре помещения в $+20^{\circ}$ данные, приведенные в табл. 4.

Таблица 4

Высота замера от поверхности льда <i>см</i>	Точки		Высота замера от поверхности льда <i>см</i>	Точки	
	№ 1 °C	№ 2 °C		№ 1 °C	№ 2 °C
Около поверхности льда	0,8	0,6	10	11,0	10,3
2	3,6	2,2	12	14,0	13,2
4	6,0	4,8	(около крышки)	—	—
6	8,0	7,6	14	17,3	16,4
8	9,5	9,0	(выше отверстия в крышке на 1 <i>см</i>)		

Все приведенные цифровые данные относятся к ящику из 2-*см* досок с фанерной не прибитой к ящику крышкой, без какой-либо изоляции, свободно стоящему в теплом помещении. Если же ящик с плотно прибитой крышкой изолирован чаканом, рогожами или другим изолирующим материалом, то изотермы в нем должны быть расположены значительно дальше друг от друга.

То же самое можно сказать в случае укладки ящиков со льдом в большой штабель, в значительной степени затрудняющий теплоотдачу.

Изменение температуры воды, образующейся при таянии льда, происходит аналогично изменению температуры воздуха между кусками дробленого льда и около наружной поверхности его. Внутри внешнего контура, занимаемого дробленным льдом, вода имеет всегда температуру 0°. Это относится только к случаю таяния одного льда, без охлаждения в нем тел с температурой, отличающейся от 0°. Ни температура окружающей среды, ни коэффициент теплопередачи стенок ящика, ни размеры кусков льда не могут влиять на температуру воды — она всегда практически равна температуре таяния льда, т. е. 0°.

Место замера температуры также безразлично, так как процесс таяния кусков льда происходит только на поверхности льда, соприкасающегося с воздухом, имеющим температуру выше 0°. Как нами было уже указано, воздух с температурой выше 0° имеется только вне контура дробленого льда и в промежутках между кусками около его поверхности (в случае льда, состоящего из крупных кусков). Благодаря этому обстоятельству лед в толще слоя уже не может таять, и образовавшаяся на верхней поверхности дробленого льда вода, протекая по всей его толщине, не меняет своей температуры. Несмотря на это, структура льда в толще слоя изменяется довольно значительно в течение всего периода таяния поверхностных слоев. Лед, имеющий в начале опыта значительную твердость, становится к концу его слабым, губчатым, как бы изъеденным.

Примерно такое же явление наблюдается и в больших ледяных бунтах, лежащих в течение года под укрытием из различных изоляционных материалов. В этом случае происходит очень длительное воздействие относительно небольших количеств воды, и разрушение льда носит несколько иной характер. Отдельные куски его становятся не просто губчатыми, а пронизываются очень большим количеством вертикальных канальцев, по которым весьма медленно фильтруется талая вода, обычно содержащая некоторое количество солей.

Теоретически, повидимому, это можно объяснить наличием соли и весьма незначительным перепадом температур (порядка сотых долей градуса), существующим между талой водой и льдом¹.

¹ Такие же незначительные перепады существуют, вероятно, между льдом и воздухом, находящимся в ящике.

Длительное и беспрестанное влияние таких незначительных перепадов приводит к таянию очень небольших масс льда.

Практически можно принять, как уже было сказано выше, что талая вода в толще льда имеет температуру в 0° .

В связи с вышеизложенным необходимо отметить, что термический контроль процессов таяния льда весьма затруднителен, если в распоряжении наблюдателя имеются только ртутные термометры. С одной стороны, это ограничивает сферу отдельных замеров, с другой стороны, относительно большие размеры ртутного шарика не дают возможности точно измерять температуру в определенной точке пространства.

Для правильного понимания процессов охлаждения и хранения рыбы в дробленном льду необходимо изучить вопрос об интенсивности таяния дробленного льда при различных условиях. Наиболее существенным вопросом является выяснение зависимости интенсивности процесса таяния от температуры окружающей среды.

Во время работ по изучению таяния льда нами применялись ящики размером $80 \times 40 \times 20$ см; меньшее число опытов было поставлено с ящиками размером $80 \times 40 \times 40$ см.

Контроль процесса таяния происходил путем систематического учета количества талой воды и веса оставшегося льда. Среднее количество получаемой от таяния льда воды в некоторых опытах доходило за день до 520 см³ и падало в течение ночи до $300-350$ см³. Замер весовых изменений в течение часа, конечно, не улавливал этих колебаний, и потому суточные цифровые данные таяния являются более объективными, чем часовые.

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

Иногда наблюдались значительные изменения температуры помещения (до $2-3^{\circ}$), что влекло за собой колебания и в суточных количествах воды, получаемой от таяния льда (рис. 3).

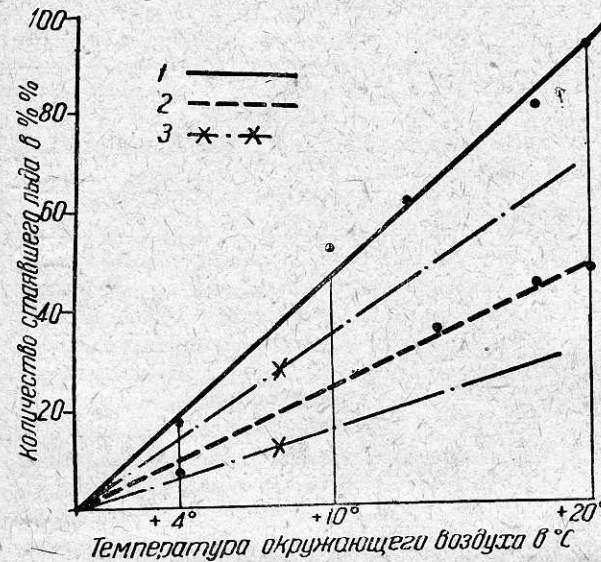


Рис. 3. Зависимость процесса таяния льда (размер кусков $4 \times 4 \times 4$ см) от температуры окружающего воздуха для Р-25-30 кг (ящики $80 \times 40 \times 20$ см)

1—продолжительность опыта 2 суток, 2—продолжительность опыта 1 сутки, 3—ящик был накрыт крышкой

III. ЗАВИСИМОСТЬ ТАЯНИЯ ЛЬДА ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

Как видно из рис. 3, процесс таяния дробленного льда в открытом ящике, доступном со всех сторон воздействию температуры окружающего воздуха, находится в очень большой зависимости от температуры последнего.

При высоких температурах окружающего воздуха процесс таяния идет очень интенсивно; по истечении первых суток не только значительно падает уровень льда в ящике, но образуются промежутки между стенками ящика и массой льда, в нем находящегося. При $+20^{\circ}$ в ящике емкостью в $27-30$ кг льда стает в среднем в течение первых суток 50%, двух — 95%.

При высоких температурах окружающего воздуха процесс таяния идет очень интенсивно; по истечении первых суток не только значительно падает уровень льда в ящике, но образуются промежутки между стенками ящика и массой льда, в нем находящегося. При $+20^{\circ}$ в ящике емкостью в $27-30$ кг льда стает в среднем в течение первых суток 50%, двух — 95%.

При высоких температурах окружающего воздуха процесс таяния идет очень интенсивно; по истечении первых суток не только значительно падает уровень льда в ящике, но образуются промежутки между стенками ящика и массой льда, в нем находящегося. При $+20^{\circ}$ в ящике емкостью в $27-30$ кг льда стает в среднем в течение первых суток 50%, двух — 95%.

При высоких температурах окружающего воздуха процесс таяния идет очень интенсивно; по истечении первых суток не только значительно падает уровень льда в ящике, но образуются промежутки между стенками ящика и массой льда, в нем находящегося. При $+20^{\circ}$ в ящике емкостью в $27-30$ кг льда стает в среднем в течение первых суток 50%, двух — 95%.

При высоких температурах окружающего воздуха процесс таяния идет очень интенсивно; по истечении первых суток не только значительно падает уровень льда в ящике, но образуются промежутки между стенками ящика и массой льда, в нем находящегося. При $+20^{\circ}$ в ящике емкостью в $27-30$ кг льда стает в среднем в течение первых суток 50%, двух — 95%.

Незначительное понижение температуры влечет за собой заметное снижение скорости таяния льда: при $+18^{\circ}$ и равенстве всех прочих условий стает за первые сутки 45% льда, за двое — 81%.

При дальнейшем понижении температуры на 4° , т. е. при $+14^{\circ}$, за первые сутки стает 35%, за двое — 61%; почти полное исчезновение льда наступает только в конце четвертых суток, когда в ящике остается только 1% от первоначального количества льда.

Чем ниже температура, тем меньше интенсивность таяния и тем длиннее тот срок, в течение которого может сохраниться лед в таре, так например, при $+4^{\circ}$ половина первоначального количества льда стает только на пятый-шестой день. Из этого видно, что при $+4^{\circ}$ скорость таяния по сравнению со скоростью таяния при $+18^{\circ}$ уменьшается примерно в пять раз.

Зависимость процесса таяния от температуры представлена на рис. 3 в виде кривых, выходящих из одной точки: верхняя сплошная кривая соединяет точки, соответствующие процессу таяния на второй день опыта; нижняя пунктирная — то же самое в первый день опыта. Как видно, почти все точки лежат очень близко от прямых или же непосредственно на них.

При правильном течении процесса таяния дробные показатели этого процесса (количество стаявшего льда, деленное на количество оставшегося) должны изменяться следующим порядком: числитель все время возрастает, доходя в конце процесса до 100% от взятого льда, а знаменатель уменьшается, стремясь к нулю. Если в этих двух противоположных процессах указанная закономерность нарушается, то это означает, что условия опыта подверглись изменению. Процесс таяния льда, однако, не характеризуется только одной температурой, он в значительной степени зависит от коэффициента теплопередачи стенок ящика, массы взятого для опыта льда, способа укладки ящиков (по-одному или сплошными штабелями, как например, в изотермических вагонах или трюмах судов), наличия или отсутствия крышки и т. д. Кроме того предполагается, что процесс таяния в значительной степени зависит и от степени дробления льда.

В целях изучения вопроса о том, насколько медленнее происходит процесс таяния льда при укладке ящиков штабелем, три ящика были положены друг на друга, причем два нижних были наполнены льдом, в верхнем же ящике находилось лишь незначительное количество льда и он не учитывался. В течение всего опыта температура окружающего воздуха равнялась $+20^{\circ}$. Несмотря на то что при таком небольшом количестве ящиков только часть поверхности последних была защищена от непосредственного воздействия теплого воздуха, скорость таяния льда в них была значительно меньше, чем в ящиках одиночных.

В последних за 2 суток стаяло 93—100% льда, а в ящиках, уложенных в штабели, за 3 суток только 86 и 99%. Первая из двух последних цифр относится к ящику, закрытому сверху и снизу другими; последняя — к нижнему ящику, защищенному только сверху. Как видно, даже при таком ненормально малом штабеле процесс таяния задерживается больше чем на 50%; для больших же штабелей, применяемых в промышленности, укладка штабелем должна замедлять процесс таяния льда в несравненно большей степени.

Это показывает, что полученные нами цифровые данные должны быть для промышленных условий умножены на некоторый коэффициент, который может быть определен только при полупроизводственных, а не лабораторных опытах.

Объем взятого для опыта льда в значительной степени влияет на скорость таяния льда. Это обстоятельство очевидно при рассмотре-

нии самой сущности процесса таяния. Как мы уже говорили выше, дробленый лед тает только с поверхности. Следовательно, чем больше взятый нами объем льда (при одинаковой форме ящика), тем меньше его относительная поверхность, непосредственно участвующая в таянии. Это предопределяет постепенное падение скорости таяния льда при возрастании его массы и сохранении равными всех прочих условий.

В наших опытах вышесказанное подтверждается сопоставлением цифровых данных о таянии льда в ящике при $+10^{\circ}$ (табл. 5).

Таблица 5

Вес льда кг	Интенсивность таяния льда в %	
	в 1-е сутки опыта	во 2-е сутки опыта
40,9	31,0	52,0
58,9	13,9	27,0

При разборе вопроса о температурном поле вокруг ящика со льдом мы уже указывали на то, как влияет наличие крышки на процесс таяния льда в ящике. Последнее в полной мере подтверждается полученными нами данными.

При температуре в $+8^{\circ}$ таяние льда в небольшом ящике емкостью в 27 кг с плотной крышкой происходит так же интенсивно, как и в большом ящике на 57 кг, но без крышки; при одинаковых условиях относительно меньшее количество льда стаяло бы в большом ящике. Следовательно, в данном случае увеличение объема и применение крышки в равной мере уменьшают интенсивность таяния льда. Последнее можно видеть из табл. 6.

Таблица 6

Род ящика	Интенсивность таяния, %	
	1-е сутки	2-е сутки
Маленький ящик с крышкой (27 кг)	12,7	28,0
Большой ящик без крышки (57 кг)	14,4	27,7

На первый взгляд кажется, что величина кусков льда должна в значительной степени влиять на процесс его таяния. Для выяснения этого обстоятельства были поставлены специальные серии опытов с кусками льда, аналогичными тем, которые применялись нами при проведении опытов по охлаждению рыбы. Эти куски имели приблизительно кубическую форму и следующие размеры:

- 1) $1 \times 1 \times 1$ см, 2) $4 \times 4 \times 4$ см; 3) $10 \times 10 \times 5$ см.

Сравнение процессов таяния льда при таких степенях дробления проводились при самых разнообразных температурах. При $+18^{\circ}$ было поставлено две серии опытов в совершенно одинаковых условиях. Они дали результаты, сведенные в табл. 7.

Таблица 7

Размер кусков льда см	Интенсивность таяния льда %	
	1 сутки	2 суток
I серия 1×1×1	44	83,5
4×4×4	44,3	79
II серия 1×1×1	41	81
4×4×4	42	80,3
Средние значения:		
1×1×1	42,5	82,25
4×4×4	43,15	79,65

При +4° серия опытов дала результаты, указанные в табл. 8

Таблица 8

Размеры кусков льда см	Интенсивность таяния льда %		
	1 сутки	2 суток	4 суток
1×1×1	9,4	18,2	33,8
10×10×5	6,7	17,1	34,7

Как видно из приведенных примеров, влияние размеров кусков льда незначительно и практически им можно пренебречь. Зависимость процесса таяния льда от температуры окружающего воздуха при указанных степенях дробления совершенно одинакова и видна на рис. 4.

В заключение еще необходимо указать на один фактор, который может иметь при наличии некоторых данных практическое значение.

Если на оси абсцисс откладывать время наблюдений, а по оси ординат количество льда (в кг), имеющегося в ящике в данный момент, то на графике для большинства опытов, протекавших в нормальных условиях, указанная зависимость представится в виде прямой.

Прямолинейность эта сохраняется в некоторых пределах, интересных с практической точки зрения, и нарушается в конце процесса таяния льда.

Для примера приводим несколько таких прямых (рис. 5). Для каждой температуры окружающего воздуха имеется свой характерный наклон прямой, причем степень дробления льда не имеет прак-

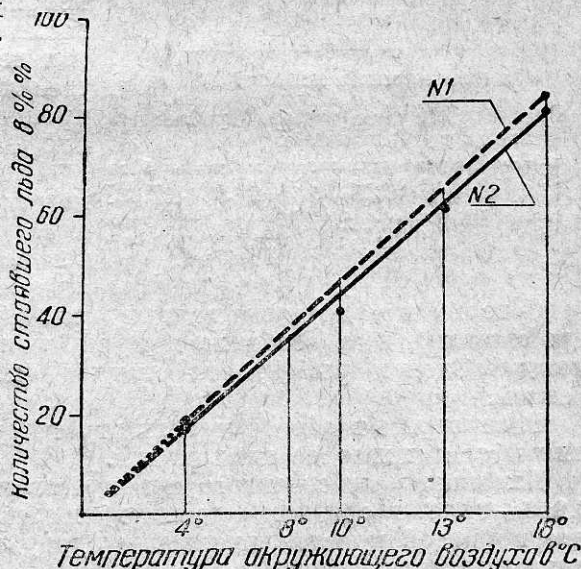


Рис. 4. Влияние размеров куска льда на процесс таяния дробленого льда. Продолжительность опыта 2 суток

1—куски размером 1×1×1 см, 2—куски размером 4×4×4 см

тически никакого значения. Совершенно очевидно, что характер и размер тары играют крупную роль и влияют на наклон прямой.

Зная температуру среды и характер тары, можно на основании указанных данных рассчитать на диаграмме, какое количество льда может остаться в ящике по истечении определенного промежутка времени.

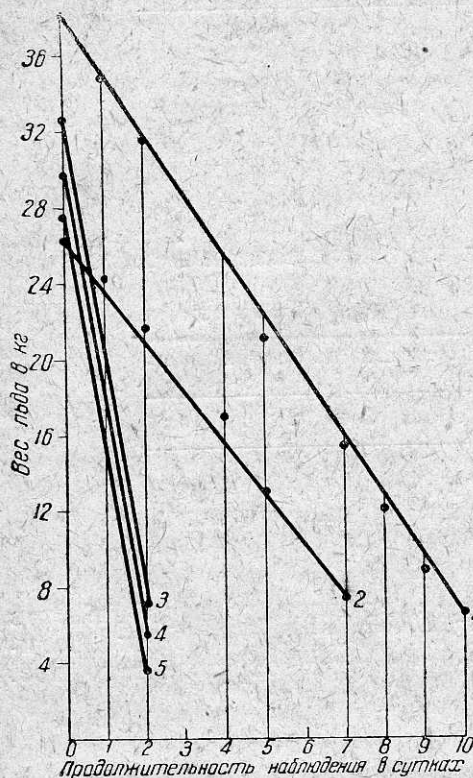


Рис. 5. Процесс таяния дробленого льда при различных условиях

1—температура окружающего воздуха от 5 до 3,5°, размер кусков льда 1 × 1 × 1 см, 2—температура 5°, размеры 10 × 10 × 5 см, 3—температура 18°, размеры 4 × 4 × 4 см, 4—температура 18°, размеры 1 × 1 × 1 см, 5—температура 20°, размеры 1 × 1 × 1 см

Совершенно другую картину мы имеем при охлаждении тел дробленным льдом, особенно при небольшом процентном отношении между льдом и рыбой; эта система охлаждения является гетерогенной.

Рассмотрим в общих чертах эту гетерогенную систему охлаждения и слагающие ее компоненты.

Плотность естественного и искусственного льда равна обыкновенно 0,916—0,918, в среднем ее можно считать равной 0,917; только в случае пористой кристаллической структуры лед может иметь и меньшую плотность, примерно до 0,90.

Следовательно, 1 м³ льда должен весить около 917 кг. Дробленный лед имеет значительно меньший объемный вес, зависящий в основном от степени дробления льда. Так, при дроблении льда на крупные куски, например 10 × 10 × 5 см, он весит 500 кг/м³, при дроблении на куски средних размеров, например 4 × 4 × 4 см — 550 кг/м³. Из этих данных видно, насколько значителен объем воздуха между кусками льда и как он отражается на объемном весе льда.

IV. ОХЛАЖДЕНИЕ РЫБЫ В ДРОБЛЕНОМ ЛЬДУ

Процесс охлаждения различных объектов льдом имеет ряд специфических особенностей, отличающих его от процессов охлаждения: 1) в жидкой среде (например рассол), 2) газовой среде (воздух) или 3) между металлическими поверхностями скороморозильных аппаратов. В первых двух случаях мы имеем дело с гомогенной системой, окружающей охлаждаемое тело, и процесс теплообмена протекает по совершенно определенному закону с начала и до конца охлаждения. Примерно такое же положение мы имеем и в случае быстрого замораживания в скороморозилках типа непрямого контакта, например многоплитной. В этих скороморозилках величина поверхности, отдающей тепло, остается в течение всего процесса замораживания постоянной.

При нормальном процессе замораживания или охлаждения температура охлаждающих компонентов в этой системе остается постоянной.

Объем воздушных полостей в массе льда при различном его дроблении виден из табл. 9.

Таблица 9

Размер кусков льда в среднем см	Объемный вес дробленого льда кг/м ³	Объем воздушных полостей %
10 × 10 × 5 . . .	500	45,5
4 × 4 × 4 . . .	550	40
1 × 1 × 1 . . .	560	39

При неравномерном дроблении льда, т. е. в том случае, когда ледяная мелочь заполняет пространства между более крупными кусками объемный вес его значительно увеличивается, соответственно этому уменьшается количество воздушных полостей между кусками, так например, при объемном весе 625 кг/м³ объем воздушных полостей равняется 22,5%.

Из всего вышесказанного видно, что тело, помещенное в дробленый лед для охлаждения, не может соприкоснуться с ним по всей своей поверхности и непосредственный теплообмен между телом и льдом имеет место только в некоторых точках тела, имеющих непосредственный контакт с последним. Остальная часть поверхности тела, с одной стороны, омывается воздухом, заключенным между кусками льда, с другой стороны, смачивается водой от таяния льда. Оба этих фактора и играют определенную роль в процессе охлаждения тела.

Относительное значение этих отдельных факторов во время процесса охлаждения изменяется.

В начале охлаждения, когда рыба только что помещена в свежесдробленный лед, куски которого имеют угловатую форму, контакт с каждым из кусков льда устанавливается по некоторой поверхности, зависящей от формы данного куска, причем величина этой поверхности очень незначительна. Благодаря таянию льда, находящегося в непосредственном контакте с рыбой (процесс таяния протекает особенно интенсивно в начале охлаждения, при больших перепадах температур), конфигурация льда при этом приспособляется к очертанию охлаждаемого тела (в нашем случае рыбы), и площадь непосредственного теплообмена путем соприкосновения все возрастает. В конце процесса охлаждения все куски льда, соприкасающиеся с рыбой, принимают вогнутую форму, и на них остается точный отпечаток рисунка чешуи рыбы. Насколько быстро идет этот процесс приспособления формы куска льда к форме охлаждаемого тела (связанный с интенсивностью образования воды), видно на прилагаемой кривой интенсивности таяния льда в процессе охлаждения (рис. 6). В процессе таяния льда сглаживаются все неровности кусков; площадь теплообмена возрастает. Протекающее одновременно с этим резкое уменьшение температурного перепада замедляет дальнейший теплообмен.

Наряду с этим процессом приспособления формы отдельных кусков льда к форме рыбы происходит при некоторых обстоятельствах и другой процесс, значительно уменьшающий площадь непосредственного соприкосновения между рыбой и льдом; этот процесс обусловливается в основном сильным спеканием дробленого льда и наблюдается в верхнем слое льда, где отсутствует давление вышележащих слоев льда и рыбы. При сильном спекании отдельные куски льда сливаются в один массив, благодаря которому процесс увеличения площади соприкосновения между рыбой и льдом наступить

уже не может. Если такое спекание наступило и не разрушается затем давлением вышележащих слоев, то охлаждение рыбы из двустороннего постепенно превращается в одностороннее, над рыбой образуется свод из льда, довольно точно отвечающий форме массива рыбы (зазор между рыбой и льдом обыкновенно равен нескольким миллиметрам); слой льда, находящийся под рыбой, дает очень хороший и максимально возможный контакт (конечно, только в том случае, если между рядами рыбы помещено достаточное количество льда).

Значение непосредственного теплообмена между льдом и рыбой (или другим телом), конечно, очень велико в общем балансе теплообмена. Несмотря на это, необходимо все же указать еще на два фактора охлаждения: воздух, заключенный между кусками льда, и вода от таяния льда.

Как мы указывали выше, значительная часть пространства внутри массы дробленого льда занята воздухом, имеющим температуру, близкую к 0° . Даже в открытом ящике, наполненном крупными кусками дробленого льда ($10 \times 10 \times 5$ см) с очень большими (9×3 см) и проходящими по всей высоте ящика промежутками, температура в последних не превышает (при $+21^{\circ}$ наружного воздуха) $0,8^{\circ}$.

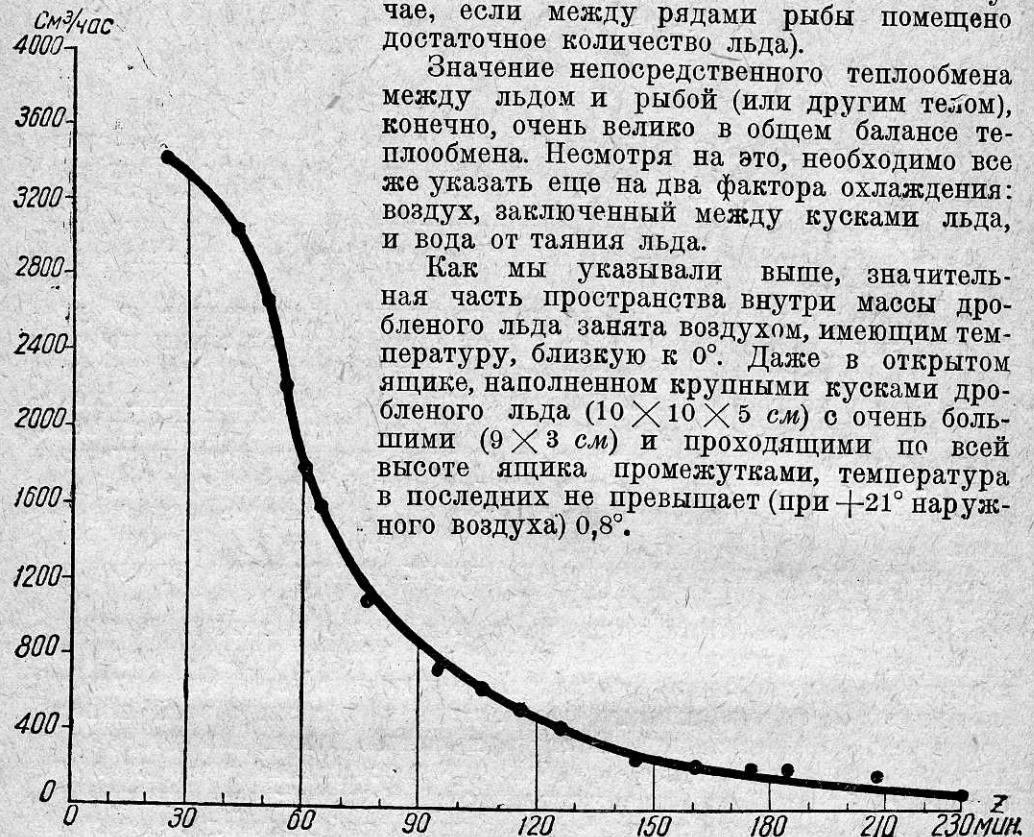


Рис. 6. Скорость образования воды от таяния при охлаждении рыбы во льду. 100% льда; $t = -2^{\circ}$

При более мелких промежутках между кусками льда, затрудняющих движение конвекционных токов, и при более низкой температуре наружного воздуха температура воздуха между льдом практически всегда равна 0° . Температура, близкая к ней, была отмечена нами даже в зазоре между стенкой ящика и льдом. Все это указывает на то, что воздух, охлажденный льдом, заполняет благодаря своей значительной плотности нижнюю часть ящика и при отсутствии искусственной циркуляции там остается.

Следовательно, если при охлаждении рыбы был взят значительный процент льда по отношению к рыбе, то холодный воздух непрерывно будет омывать свободную поверхность рыбы и ее медленно охлаждать. Таким образом воздух в замкнутых пространствах между льдом и рыбой является промежуточным звеном теплообмена.

В момент таяния льда и отдачи рыбе скрытой теплоты плавления образуется вода с температурой в 0° .

В зависимости от того, каким путем она будет стекать на дно ящика, температура ее будет в большей или меньшей степени ме-

няться. Если вода потечет по поверхности рыбы, то она нагреется, причем степень нагрева будет находиться в зависимости от температуры рыбы. Если она будет стекать по кускам льда, то ее температура будет равна 0°. Рыба и лед расположены в ящике послойно; большая часть талой воды протекает поочередно через рыбу и лед, то нагреваясь, то охлаждаясь; цепь этих изменений заканчивается охлаждением воды,

так как на дне ящика всегда лежит лед. Из этого следует, что при охлаждении рыбы в ящиках дробленым льдом может быть использована только часть скрытой теплоты плавления льда (другая часть идет на тепловые потери), а теплоемкость воды может служить только промежуточным звеном между льдом и рыбой; в конечном итоге вода от таяния льда, охлажденная в нижнем слое льда, покидает ящик с температурой, близкой к 0°.

Как видно из всего вышесказанного, при охлаждении рыбы в дробленом льду играют большую роль три различных фактора, причем значение каждого из них изменяется в процессе охлаждения. Эта неравномерность и неоднородность условий особенно заметна при охлаждении рыбы при незначительном проценте льда по отношению к рыбе, когда не все экземпляры рыбы покрыты равномерным слоем льда. Однако и при больших процентах льда по отношению к рыбе заметна значительная неравномерность охлаждения, обусловленная в основном неравномерностью отдельных его факторов, спеканием льда и неравномерностью его распределения по поверхности рыбы.

Предположим, что в одном и том же ящике, при одинаковых условиях охлаждаются две рыбы одного и того же размера и у обеих температура измеряется в одном и том же месте и одинаковыми термометрами. Казалось бы, что время охлаждения в обоих случаях должно быть практически одинаковым. В действительности это предположение справедливо только для однородных сред, какими, например, является жидкая или газообразная среда.

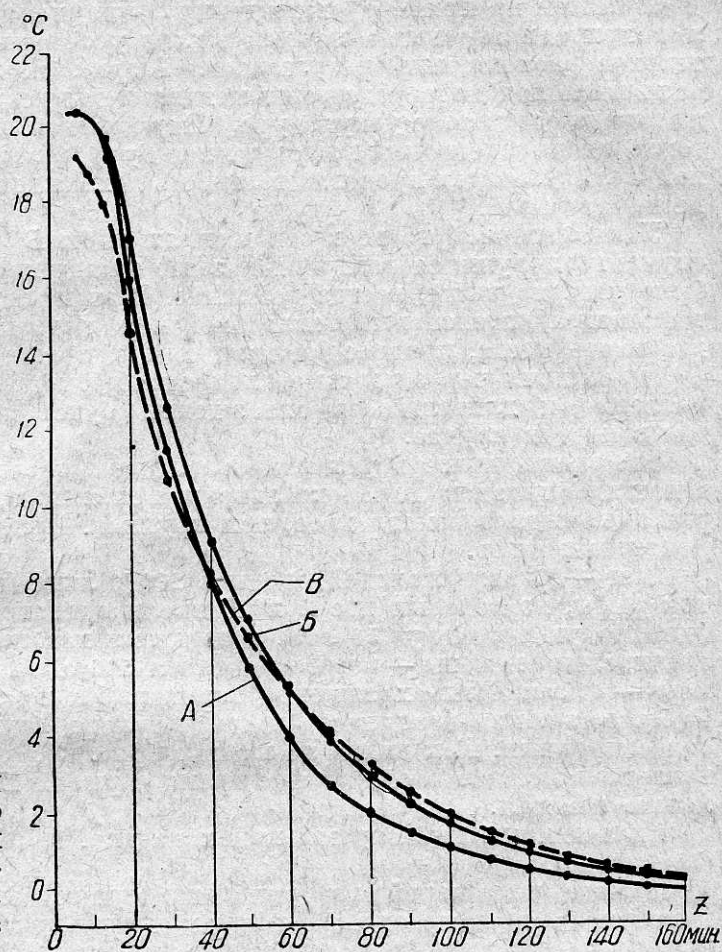


Рис. 7. Охлаждение рыбы во льду (200%) при температуре воздуха 10° (нижний слой рыбы в ящике)

Для гетерогенной среды, каковой является лед, такое совпадение отдельных наблюдений не имеет места, и каждую цифру, характеризующую процесс охлаждения, необходимо получать на основании закона больших чисел. Из этого, конечно, следует, что число наблюдений при охлаждении льдом должно быть значительно больше, чем при изучении процесса охлаждения рассолом или воздухом.

Покажем на примере охлаждения вышеупомянутых рыб, как может при одинаковых на первый взгляд условиях получиться значительное расхождение результатов. Шарик термометра у рыбы *A* находится под непосредственным влиянием куска льда, плотно прижатого к спинной мускулатуре. Интенсивная и непосредственная теплоотдача быстро понижает температуру в зоне замера, и получаемая в результате продолжительность охлаждения является очень незначительной.

У аналогичной во всех отношениях рыбы *B* над шариком ртути случайно получился воздушный зазор между кусками льда, что, как было указано выше, всегда возможно. В этом случае около шарика термометра интенсивный теплообмен между тканью и льдом не будет иметь места, процесс охлаждения посредством воздуха, воды и теплоотдачи через толстые слои ткани рыбы будет происходить медленно, и длительность охлаждения будет значительно больше, чем в первом случае.

Эта специфичность условий охлаждения во льду часто приводила в наших опытах к парадоксальному положению, что более мелкая рыба охлаждалась медленнее, чем крупная. Приведем несколько характерных цифр.

При $+10^{\circ}$ окружающей среды в 200% льда (рис. 7) охлаждались три рыбы, из которых две *A* и *B* имели одинаковый вес (1050 г) и одинаковую толщину (50 мм), в то время как третья рыба *B* была значительно меньше — вес ее равнялся 500 г, толщина в месте замера — 41 мм. При охлаждении таких рыб в гомогенной среде рыба *B* без сомнения охладилась бы значительно быстрее двух других, более крупных. Как видно из кривых (рис. 7), рыба *B* охладилась во льду примерно в одинаковое время с рыбой *B* и значительно медленнее рыбы *A*.

Аналогичную картину мы видим на рис. 8 (100% льда) и рис. 9 (75% льда).

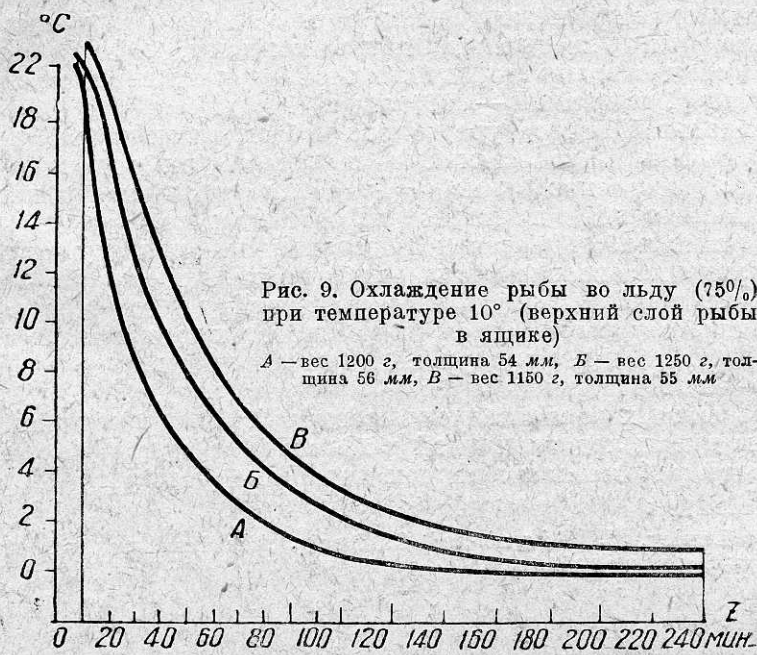
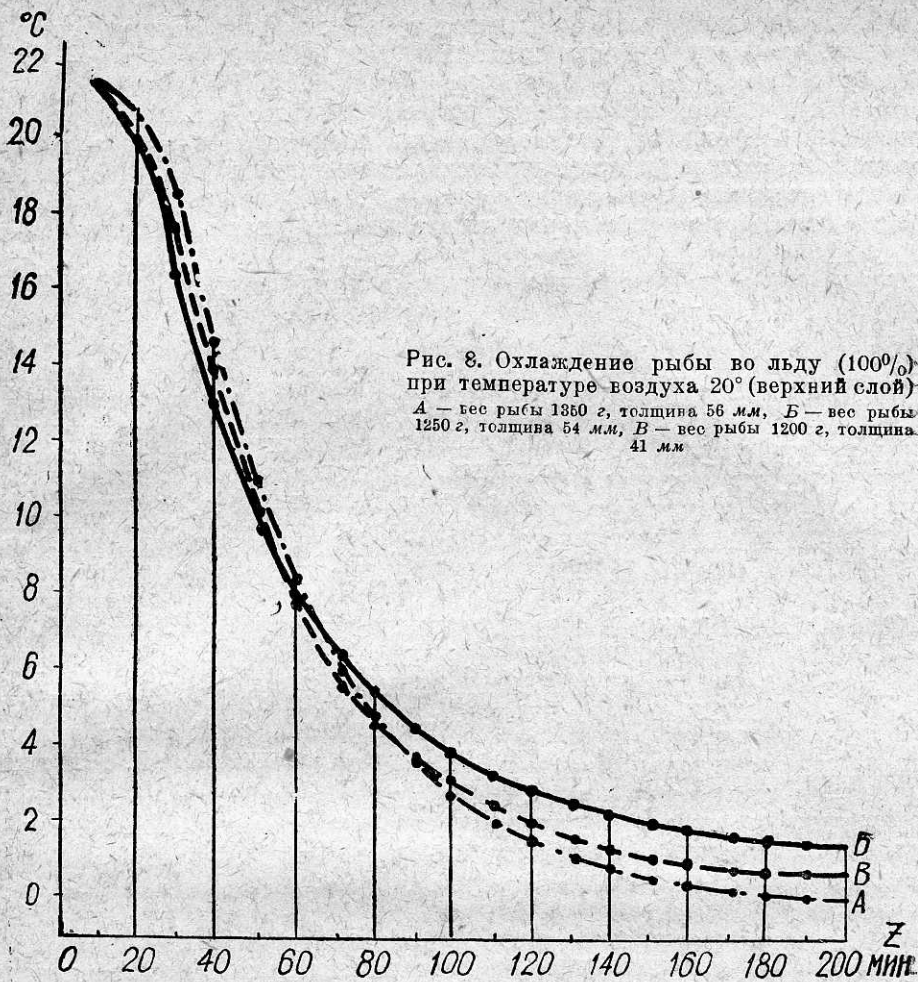
Прежде чем перейти к описанию существовавших до сих пор взглядов на процесс охлаждения рыбы во льду и к разбору полученных результатов, необходимо вкратце описать методику нашей работы.

Учитывая, что в наших южных рыболовных районах рыба часто имеет температуру тела, равную примерно $+20^{\circ}$, в большинстве серий наших опытов рыба до начала опыта дефростировалась и нагревалась до $+20^{\circ}$. Лишь в тех случаях, когда необходимо было установить зависимость процесса охлаждения от первоначальной температуры рыбы, последняя нагревалась до $+10^{\circ}$.

После того как рыба достаточно долго пролежала в теплой воде и тело ее приобрело температуру последней, в ее спинной мускулатуре, в самом толстом месте, проделывалось шилом отверстие для помещения в ней термометра с таким расчетом, чтобы шарик ртути лежал у самого позвоночника, а длинный тубус углового термометра устанавливался параллельно позвоночнику.

Значительное расстояние между отверстием в коже рыбы и местом замера, а также достаточно плотное вхождение тубуса термометра в ткань рыбы исключали возможность проникновения холодной воды к шарiku термометра.

Замеры температур по шкале углового термометра производились



через равные интервалы времени и кончались при достижении температуры в $+1^{\circ}$.

Продолжительностью охлаждения во всех наших опытах считался интервал, необходимый для снижения температуры рыбы с $+20^{\circ}$ до $+1^{\circ}$, т. е. на 19° .

Во время работы выяснилось, что не при всех соотношениях между льдом и рыбой охлаждение может быть доведено до $+1^{\circ}$, а поэтому вторым интервалом охлаждения считался интервал до более высокой и легко достижимой температуры в $+5^{\circ}$.

Условное обозначение продолжительности охлаждения в зависимости от температурного интервала, принято для первого $Z_{+20^{\circ}+1^{\circ}}$ и для второго $Z_{+20^{\circ}+5^{\circ}}$.

Как было сказано выше, измерение температур производилось специальными угловыми термометрами с делениями шкалы до $0,2^{\circ}$.

Необходимость применения угловых термометров ограничивала размеры ящиков, в которых проводилось охлаждение; так например, в ящике высотой в 40 см уже нельзя было (без специальных приспособлений) измерить температуру тех рыб, которые были уложены на дне ящика. Главным образом из этих соображений и был принят почти для всех опытов ящик стандартных размеров ($80 \times 40 \times 20\text{ см}$), т. е. обыкновенный ящик, применяемый на зарубежных траулерах для хранения охлажденной рыбы.

Мерный судак укладывался в ящиках в два ряда, дробленный лед — в три. Так как в наших условиях охлаждения верхний слой льда стаивал в первую очередь, то на верхний слой рыбы укладывалась относительно большая часть льда. В средний слой, охлаждающий одновременно два ряда рыб, помещалось точно такое же количество. При соотношении в 100% и 75% льда было достаточно для всех трех слоев и он распределялся следующим образом:

Верхний слой	40% льда
Средний	35% "
Нижний	25% "

При таком распределении процесс таяния льда был наиболее равномерным.

При соотношении между льдом и рыбой в 50% не представлялось уже возможным укладывать рыбу в три слоя, и число последних приходилось уменьшать до двух: в этом случае в верхний слой укладывалось 60% , в нижний — 40% льда.

В специальной литературе вопросу об охлаждении рыбы во льду уделяется очень мало внимания, и литературные данные в большинстве случаев основаны не на точном научном эксперименте, а отражают лишь взгляды практиков на этот процесс.

Из научных работ, частично посвященных вопросу охлаждения рыбы во льду и затрагивающих основные закономерности этого процесса, необходимо упомянуть работу А. Lumley и др.¹

Указанные авторы работали на тральщиках и охлаждали крупную рыбу (треску, пикшу, морскую щуку) толщиной в среднем в 80 мм с $+13^{\circ}$ до $+0,6^{\circ}$.

При различных вариантах охлаждения рыбы применялся измельченный на куски лед величиной в $2,5\text{ см}$. Как видно, полной аналогии с нашей работой в выбранном интервале температур и размерах

¹ Adiran Lumley, I. Piquè and G. Reay, „The handling and stowage of white Fish at Sea“ London, 1929.

рыб не имеется, но все же можно сравнить основные выводы. Основные положения английских авторов сводятся к следующему: охлаждение рыбы происходит главным образом посредством омывания рыбы водой от таяния льда, теплопередача путем контакта между льдом и рыбой играет второстепенную роль.

Исходя из этого предположения и основываясь на нескольких опытах, авторы утверждают, что чем скорее тает лед, тем быстрее протекает процесс охлаждения. Но так как при высоких температурах окружающей среды лед тает быстрее, чем при низких, то, следовательно, высокая температура рыбного трюма способствует быстрому охлаждению улова. Сводная таблица результатов опытов, произведенных указанными авторами, имеет следующий вид.

Охлаждение рыб продолжается

1) в холодильной камере при температуре $+0,6^{\circ}$ на полках без льда	11 ч. 40 м.
2) в рыбном трюме на полках на льду при $+7,8^{\circ}$	8 „ 50 „
3) в холодильной камере на полках на льду при $+0,6^{\circ}$	7 „ 35 „
4) „ „ при $0,6^{\circ}$ на льду в ящике	7 „ 35 „
5) „ „ при температуре от 0° до $+0,6^{\circ}$ на полках рыба покрыта льдом	6 „ 40 „
6) в рыбном трюме при $+7,8^{\circ}$ в ящиках со льдом (рыба окружена льдом со всех сторон)	3 „ 20 „

Как видно, при равенстве всех прочих условий повышение температуры воздуха на 7° ускоряет процесс охлаждения на 100%.

Приняв это предположение, можно считать, что при еще более высокой температуре процесс охлаждения будет происходить еще быстрее. В дальнейшем мы увидим, насколько правильно отображает все это истинное положение вещей.

При первых же наших опытах с полной очевидностью была доказана неправильность встречающихся в литературе утверждений о невозможности достижения в рыбе нулевой температуры при ее охлаждении во льду. При всех соотношениях между рыбой и льдом выше 50%, температура в 0° в рыбе достигалась по истечении некоторого (большого или меньшего) промежутка времени.

Это обстоятельство указывает на то, что при достаточном количестве льда рыбу можно хранить во льду при 0° заданное количество суток. На том же основании можно утверждать, что путем применения искусственного льда с пониженной точкой плавления¹ охлажденную рыбу можно будет хранить при температуре ее замерзания, т. е. в среднем при -1° . Насколько существенно такое незначительное понижение температуры, показал ряд исследований.

В отношении возможности достижения нулевой температуры в рыбе при ее хранении в обыкновенном льду вышеупомянутые английские авторы с нами не расходятся; наша работа в основном имела целью выяснить законы охлаждения рыбы во льду, а поэтому в специальных разделах в ней и рассматривается влияние основных факторов на этот процесс.

Во избежание излишнего загромождения текста цифровым материалом в дальнейшем будут приводиться лишь средние значения из отдельных серий опытов.

¹ Лед из морской воды и т. п.

V. ВЛИЯНИЕ ВЕСОВЫХ СООТНОШЕНИЙ МЕЖДУ РЫБОЙ И ЛЬДОМ НА ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ

При хранении и перевозке рыбы во льду количество льда по отношению к весу рыбы может интересовать нас с двух точек зрения. Во-первых, необходимо принимать во внимание, можно ли при помощи имеющегося количества льда быстро охладить всю рыбу до 0° и, во-вторых, в течение какого периода этот лед может поддерживать низкую температуру в рыбе и тем самым гарантировать ее качество.

Если имеющегося в таре количества льда недостаточно для охлаждения рыбы, то совершенно естественно, что и хранение рыбы в нормальных условиях при этом само собой исключается. Совершенно особое место занимает хранение рыбы, уже охлажденной, в дробленом льду.

Насколько значителен расход льда, падающий исключительно на процесс охлаждения, показывают приведенные ниже теоретические подсчеты, в которых для большей простоты потери холода при охлаждении приняты равными нулю, что в действительности никогда не имеет места.

Если принять во внимание эти потери, то количество льда, остающегося в таре после охлаждения, не будет достаточно для хранения рыбы.

Предположим, что мы имеем 20 кг рыбы с температурой в +20°. Для охлаждения до 0° необходимо следующее количество калорий:

$$Q = g \cdot c (t_i - t_o) = 20 \cdot 0,8 (20 - 0) = 20 \cdot 0,8 \cdot 20 = 320 \text{ кал.}$$

В пересчете на лед это составит:

$$Q = \frac{320}{80} = 4 \text{ кг льда.}$$

Следовательно, если мы для охлаждения 20 кг рыбы положили в ящик 100% льда, т. е. 20 кг, то на одно охлаждение потребуется из этих 20 кг льда 4 кг, или 20% (если не принимать во внимание различного рода потерь).

Если же соотношение между льдом и рыбой равно 50% т. е., 10 кг льда, то те же 4 кг льда составят уже 40% (также без потерь).

В табл. 10 таким же способом даны расчеты потребного количества калорий для различных начальных температур рыбы и соотношений между льдом и рыбой.

Таблица 10

% соотношения между льдом и рыбой	Кал на 1 кг рыбы	С+20° до+1°		С+10° до+1°		Запас калорий на период хранения	
		кал	%	кал	%	При 20° кал	При 10° кал
100	80	16	20	8	10	64	72
75	60	16	26,7	8	13,3	44	52
60	48	16	33,3	8	16,7	32	40
50	40	16	40	8	20	24	32
40	32	16	50	8	25	16	24
30	24	16	66,6	8	33,3	8	16
25	20	16	80	8	40	4	12
20	16	16	100	8	50	0	8

Как видно из приведенной таблицы, при высоких температурах рыбы и незначительных количествах льда большая часть последнего идет на охлаждение, так например, при температуре рыбы в +20° и 20% льда к весу рыбы лед целиком расходуется на охлаждение.

Лед необходим не только для того, чтобы охладить рыбу и затем поддерживать в ней постоянную температуру при хранении; значительное количество льда также требуется для быстрого и равномерного охлаждения всей массы рыбы. Так например, охладить рыбу до $+1^\circ$ при помощи 25% льда невозможно, так неравномерно и медленно идет процесс охлаждения. Медленность же охлаждения неизбежно приводит к значительным тепловым потерям.

50% льда по отношению к весу рыбы еще не достаточно для того, чтобы покрыть каждую рыбу с двух сторон более или менее равномерным слоем льда. Кроме того для самого процесса охлаждения рыбы с $+20^\circ$ до $+1^\circ$ требуется 30—40% льда (с потерями), что в значительной степени ухудшает условия равномерной теплоотдачи от льда рыбе. Несмотря на это, охлаждение рыбы до $+1^\circ$ или 0° при помощи 50% льда возможно даже при наличии значительных потерь. Выведенная нами из 10 опытных серий средняя продолжительность охлаждения для указанного случая равна $Z_{+1^\circ}^{+20^\circ} = 310$ мин., или 5 час. 10 мин.

Продолжительность охлаждения до 5° значительно меньше и равна для той же серии опытов $Z_{+5^\circ}^{+20^\circ} = 110$ мин. или 1 час 50 мин.

Как было сказано выше, при соотношении между льдом и рыбой в 25% охладить рыбу до 1° невозможно; следовательно, для этого случая $Z_{+5^\circ}^{+20^\circ} = \infty$.

Охлаждение при этих условиях до $+5^\circ$ возможно, и соответствующее время $Z_{+5^\circ}^{+10^\circ} = 236$ мин., т. е. 3 часа 56 мин.

Таким образом продолжительность охлаждения рыбы до 5° посредством добавления 25% льда больше чем на 100% превышает соответствующую продолжительность охлаждения при весовом соотношении льда к рыбе в 50%.

При дальнейшем повышении количества льда по отношению к рыбе, что обеспечивает более полный контакт между рыбой и льдом, с одной стороны, и водой от таяния льда, с другой, продолжительность охлаждения уменьшается.

Так, при 75% льда продолжительность охлаждения равна:

$Z_{+1^\circ}^{+20^\circ} = 138$ мин.,
т. е. 2 час. 18 мин.

$Z_{+5^\circ}^{+20^\circ} = 68$ мин., т. е. 1 час 8 мин.

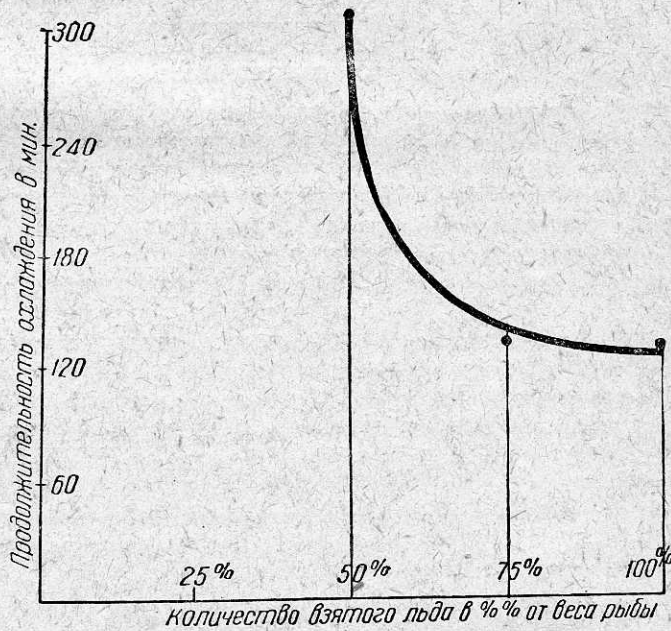


Рис. 10. Зависимость продолжительности охлаждения рыбы (судак—средний вес 1,25—1,30 кг) от количества взятого льда. Интервал охлаждения от 20° до 1° , температура воздуха 10° , размер кусков льда $4 \times 4 \times 4$ см

Как видно, ускорение процесса охлаждения весьма значительно при переходе от 50 к 75% льда. Для интервала температур от +20° до +1° это ускорение составляет 125%, а для интервала температур от +20° до +5° 62%. То обстоятельство, что ускорение процесса в первом случае больше, чем во втором, вполне закономерно, так как процесс охлаждения в значительной степени замедляется при незначительных перепадах температуры в интервале между +5 и +1°.

Ускорение процесса охлаждения при увеличении соотношения между льдом и рыбой с 25 до 50% составляет для $Z_{+5^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 115\%$.

Значительная величина этого ускорения объясняется указанными выше причинами.

Если мы увеличим количество льда до 100%, то скорость процесса охлаждения от этого почти совершенно не изменится, однако некоторое ускорение процесса охлаждения имеет место для температурного интервала от +20° до +1°, что видно из следующего:

Продолжительность охлаждения в мин.

240	При 75% $Z_{+1^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 138$ мин.
220	„ 100% $Z_{+1^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 134$ мин.
200	„ 75% $Z_{+5^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 68$ мин.
180	„ 100% $Z_{+5^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 63$ мин.
160	
140	
120	
100	
80	
60	
40	
20	

Из только что приведенных нами цифровых данных ясно следует, что в интервале между 75 и 50% льда лежит точка, соответствующая такому соотношению между льдом и рыбой, которое обеспечивает всестороннее и равномерное охлаждение рыбы отдельными кусками льда и водой от таяния последнего.

При увеличении количества льда выше 75% площадь контакта между рыбой и льдом не возрастает, что естественно имеет следствием прекращение роста теплопередачи при помощи непосредственного соприкосновения рыбы и льда; количество воды, омывающей поверхность рыбы, остается приблизительно на одном и том же уровне. Увеличение количества льда по отношению к рыбе может иметь следствием лишь некоторое

понижение температуры в воздушных промежутках между рыбой и льдом. Но так как доля воздушного охлаждения в суммарном процессе охлаждения, по видимому, незначительна, то это понижение температуры может иметь следствием только незначи-

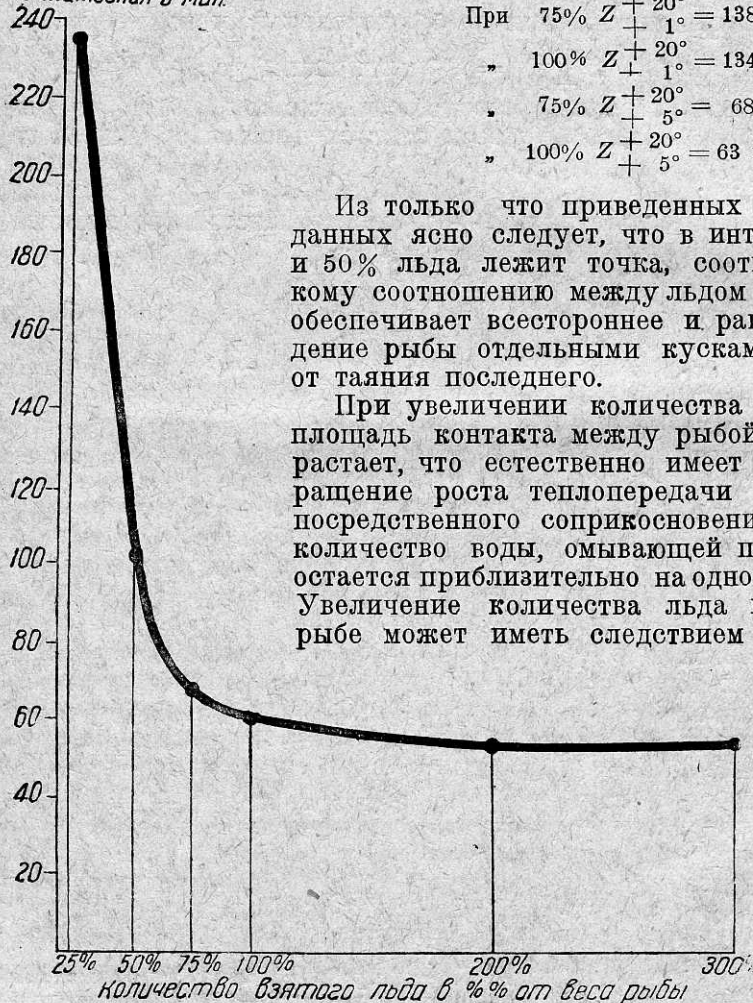


Рис. 11. Зависимость продолжительности охлаждения рыбы во льду (судак—средний вес 1,25—1,30 кг) от количества взятого льда (в % от веса рыбы). Интервал охлаждения от 20° до 5°, температура окружающего воздуха 10°, размер кусков льда 4×4×4 см

тельное сокращение времени охлаждения при увеличенном соотношении между льдом и рыбой, что подтверждается большим количеством опытов с 75 и 100% льда.

Немногочисленные опыты с охлаждением весьма значительными количествами льда (200, 300, 600, 800%) указывают также на очень незначительное сокращение времени охлаждения при этих условиях.

Функциональная зависимость продолжительности охлаждения от количества взятого при этом дробленого льда очень хорошо видна на рис. 10 и 11.

Практический вывод из этой закономерности заключается в том, что для достижения быстрого и равномерного охлаждения рыбы, гарантирующего высокое качество ее, необходимо применять соотношение между льдом и рыбой не меньше 75%. Только в случае относительно низкой первоначальной температуры рыбы можно брать меньшие количества льда, но эти количества должны быть достаточными для равномерности процесса охлаждения, так как небольшой процент льда не может гарантировать охлаждения всей массы рыбы до 0°.

VI. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ

Для правильного понимания зависимости процесса охлаждения от температуры окружающего воздуха необходимо вспомнить основные положения, указанные в разделе о таянии дробленого льда, а именно что практически дробленый лед тает только с поверхности. Следовательно, в центральной части ящика, где лежит охлажденная и окруженная со всех сторон льдом рыба, процесс таяния льда совершенно не зависит от внешних условий. Это означает, что как теплопередача путем непосредственного контакта между льдом и рыбой, так и количество образующейся во время охлаждения рыбы воды от таяния льда от внешних условий не зависят.

Очевидно, внешние температурные условия могут действовать только на поверхностный (пограничный) слой льда, заставляя его таять медленнее или быстрее. Выше было указано, что по данным А. Lumley и других авторов охлаждение во льду идет интенсивнее при высоких температурах за счет того коли-

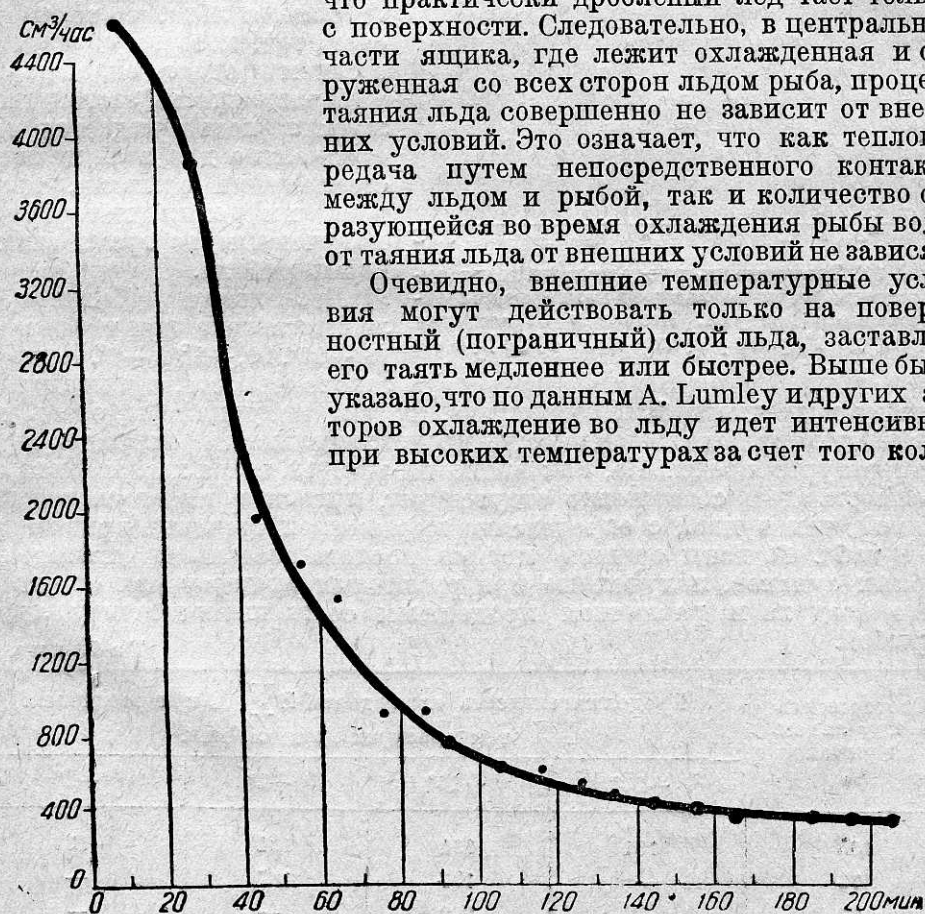


Рис. 12. Скорость образования воды от таяния льда при 100% льда, $t = 2^\circ$

чества воды, которое образуется на пограничных поверхностях. Неправильность такого утверждения можно доказать сопоставлением тех количеств воды, которые образуются при охлаждении рыбы и при таянии льда на поверхности. Из рис. 12 и 6 видно, насколько бурно протекает таяние льда под прямым воздействием уложенной в него теплой рыбы. Отложенные по осям ординат часовые количества воды от таяния льда (полученные путем пересчета) несоизмеримо больше, чем часовые количества воды, образующейся от таяния поверхностных слоев льда. В наших опытах по изучению таяния льда в ящиках, при условиях, аналогичных тем, которые указаны на рис. 12 и 6, часовой расход равнялся в среднем $140 \text{ см}^3/\text{час}$. Необходимо при этом однако учесть что рыбу может омывать только та вода, которая образовалась из льда, находящегося над ней.

Следовательно, из указанного выше количества воды ($140 \text{ см}^3/\text{час}$) лишь небольшая часть будет орошать рыбу, и это количество очень незначительно по сравнению с

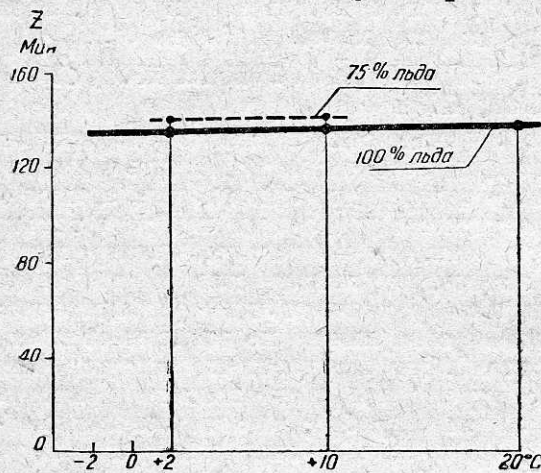


Рис. 13. Зависимость продолжительности охлаждения рыбы во льду от температуры окружающего воздуха. Интервал охлаждения от 20° до 1° , размер кусков льда $4 \times 4 \times 4 \text{ см}$

тем количеством воды, которое образуется в процессе самого охлаждения рыбы. Если даже считать, что охлаждение рыбы происходит, как утверждают выше цитированные английские авторы, за счет воды от таяния льда, то только за счет той, которая образуется в самом процессе охлаждения.

Правильность этого утверждения подтверждается как специально для этой цели поставленными опытами, так и всем цифровым материалом, полученным во время выполнения работы.

Несколько серий опытов было поставлено при температурах $+20^\circ$, 10° , $+2^\circ$ и -2° . Если бы закономерность, выведенная

Lumley и другими была правильной, то мы получили бы очень характерную кривую зависимости продолжительности охлаждения от температуры среды. Но, как видно на рис. 13, такая характерная зависимость здесь совершенно отсутствует, и кривая имеет скорее вид прямой, чем кривой с определенно выраженной степенью кривизны.

В табл. 11 даны средние цифры продолжительности охлаждения мерных судаков, полученные при различных температурах окружающего воздуха и различном процентном соотношении между льдом и рыбой.

Таблица 11

Соотношение между льдом и рыбой %	Продолжительность охлаждения Z при $+20^\circ$ и $+1^\circ$ при различных температурах воздуха, мин.			
	$+20^\circ$	$+10^\circ$	$+2^\circ$	-2°
100	131	134	134	133
75	—	137	137	—
50	—	292	—	—
25	—	—	—	358

Из этой таблицы видно, что температура окружающей среды совершенно не влияет на процесс охлаждения и что, следовательно, трюмы рыболовных судов можно охлаждать до нулевых температур, не опасаясь замедления процесса охлаждения рыбы. Таблица указывает, что охлаждение рыбы посредством 25% льда не достигает цели даже при минусовых температурах, т. е. в том случае, когда имеется дополнительное охлаждение холодным воздухом и когда тепловые потери, следовательно, равны нулю. Но и при этих обстоятельствах продолжительность охлаждения ненормально велика — около 6 часов.

Были поставлены специальные опыты с весьма интенсивным таянием льда, находящегося над рядами рыбы. Для получения больших количеств воды в течение опыта было взято 200% льда, причем верхняя поверхность льда подвергалась интенсивному процессу таяния. Несмотря на то, что количество воды, образующейся при таянии льда вне сферы охлаждения рыбы по сравнению с процессом охлаждения при обыкновенных условиях было очень велико, скорость охлаждения от этого не увеличилась.

VII. ВЛИЯНИЕ КОЭФИЦИЕНТА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ СТЕНОК ЯЩИКА НА ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ

Изоляция какой-либо ограждающей поверхности имеет задачей защитить некоторое замкнутое пространство от воздействия наружного тепла; поскольку мы уже показали, что влияние наружной температуры не сказывается на процессе охлаждения льдом даже при отсутствии изоляции, то совершенно ясно что, должна отсутствовать и зависимость между степенью изоляции и охлаждением.

Эти предварительные соображения были в полной мере подтверждены опытными данными. Для этой цели был использован ящик с двойными стенками толщиной в 40 мм, причем промежуток между стенками был засыпан древесными опилками. Для предотвращения увлажнения опилок внутренние стенки ящика были сделаны из оцинкованного железа с пропайванием швов.

Из отдельных опытных серий можно указать на серию из 9 опытов охлаждения мерного судака в этом ящике при помощи 100% льда. Средние значения времени охлаждения даны в табл. 12.

Таблица 12

Конструкция ящика	Продолжительность охлаждения, мин.	
	$Z \pm 20^\circ$ $\pm 1^\circ$	$Z \pm 20^\circ$ $\pm 5^\circ$
Ящик без изоляции	134	63
Ящик с изоляцией	135	62

Как видно, совпадение Z в обоих случаях почти полное. Это подтверждает, что процесс охлаждения не зависит от коэффициента теплопередачи стенок ящика.

В процессе хранения значение изоляции, конечно, очень велико.

VIII ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РЫБЫ НА ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ

Зависимость процесса охлаждения во льду от начальной температуры рыбы ничем не отличается от аналогичной зависимости при охлаждении в гомогенных средах (воздух, рассол и т. п.). В обоих случаях наиболее быстро охлаждается тело, взятое с более низкой начальной температурой, и, следовательно, рыба с температурой $+10^\circ$

быстрее охладится до $+1^{\circ}$, чем рыба, взятая с начальной температурой в $+20^{\circ}$. В соответствии с этим и расход льда на охлаждение не будет одинаковым в обоих случаях, как уже это было видно из таблицы, приведенной выше.

Но так как процесс охлаждения вначале идет значительно интенсивнее, то продолжительность охлаждения с 20 до 1° не будет в два раза больше, чем продолжительность охлаждения с $+10$ до $+1^{\circ}$.

По кривым охлаждения можно всегда с достаточной точностью подобрать время охлаждения между двумя находящимися на них температурными точками. При сравнении температурных интервалов от $+20^{\circ}$ до $+1^{\circ}$ и от $+10^{\circ}$ до $+1^{\circ}$ оказывается, что в последнем случае продолжительность охлаждения в среднем на 30 % короче, чем при первом.

Для того чтобы проверить, в какой степени задерживается охлаждение в первые моменты этого процесса (начальный пологий участок кривой) из-за тепловой инерции рыбы, были поставлены серии опытов с рыбой, имеющей начальную температуру в $+10^{\circ}$; в отличие от температуры в $+20^{\circ}$, которая примерно соответствует температуре рыбы южных районов рыболовства в летние месяцы, температура в $+10^{\circ}$ встречается в рыбе чаще как по сезонам, так и районам лова ее.

Охлаждение рыбы производилось, как и в ряде других опытов, при „стандартных“ условиях, т. е. при 100% льда по отношению к рыбе; размеры отдельных кусков дробленого льда в среднем равнялись $4 \times 4 \times 4$ см, толщина рыбы (судака) колебалась в пределах около 55 мм, температура окружающего воздуха равнялась $+10^{\circ}$. Изменению подверглась лишь температура рыбы, вместо $+20^{\circ}$ она нагревалась только до $+10^{\circ}$.

Среднее из 9 опытов дало $Z_{+1^{\circ}}^{+10^{\circ}} = 98$ мин.,

среднее из 32 опытов дало для $Z_{+1^{\circ}}^{+20^{\circ}} = 134$ мин.

Таким образом разница в продолжительности охлаждения равнялась 36 %. Как видно, тепловая инерция в начале охлаждения задерживает этот процесс примерно на 6 %. Для практических целей можно делать пересчеты по кривым охлаждения и принять ускорение процесса охлаждения в рыбе с температурой в $+10^{\circ}$ по сравнению с рыбой с температурой $+20^{\circ}$ равным 30 %.

IX. ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ ДРОБЛЕНИЯ ЛЬДА НА ПРОЦЕСС ОХЛАЖДЕНИЯ

Эта зависимость совершенно специфична для процессов охлаждения рыбы во льду, так как от степени дробления зависит большая или меньшая степень прилегания поверхности льда к рыбе и интенсивность омывания рыбы водой от таяния льда.

Для выяснения этой зависимости нами были взяты три вида льда, т. е. лед крупный ($10 \times 10 \times 5$ см), средний лед ($4 \times 4 \times 4$ см) и лед мелкий (около $1 \times 1 \times 1$ см). В одной серии опытов было взято 100 % льда, в другой 75 %. Прочие условия опыта были взяты одинаковыми.

Температурный интервал охлаждения принят от $+20^{\circ}$ до $+1^{\circ}$ (т. е. $Z_{+1^{\circ}}^{+20^{\circ}}$). Полученные результаты приведены в табл. 13.

Таблица 13

% льда	Величина кусков льда, см		
	$10 \times 10 \times 5$	$4 \times 4 \times 4$	$1 \times 1 \times 1$
100	154 мин.	134 мин.	89 мин.
75	—	137 „	95 „

Полученная зависимость весьма характерно изображается кривой (рис. 14). Преимущество мелкого льда здесь очень ярко оттеняется. Но преимущества мелкого дробления не ограничиваются одним ускорением процесса охлаждения. Мелкий лед лучше крупного и по чисто механическим соображениям, так как меньше деформирует и повреждает рыбу. Кроме того изготовление искусственного мелкого льда (типа чешуйчатого, мягкого или снежного) экономичнее изготовления блочного льда как с точки зрения капиталовложений, так и с точки зрения эксплуатационных расходов. Изготовление видов льда облегчает производство льда с пониженными точками плавления (как например, минусовый лед), весьма важного для рыбной промышленности.

Выявление данной закономерности с несомненностью доказывает необходимость перехода рыбной промышленности на лед высокой степени дробления.

При разработке вопросов охлаждения рыбы главное внимание обращалось на функциональные зависимости, специфичные для данного вида охлаждения; зависимости, общие для всех видов охлаждения, нами затрагивались только частично.

Х. ХРАНЕНИЕ РЫБЫ ВО ЛЬДУ

После окончания процесса охлаждения рыбы, уложенной в дробленный лед, наступает период ее хранения при низких температурах. Роль льда в процессе хранения коренным образом отличается от его роли во время охлаждения рыбы: как только перепад температур между льдом и рыбой становится незначительным, основной расход льда падает на покрытие потерь холода во внешнюю среду, если ее температура выше 0° . Повидимому, при хранении часть льда расходуется также на поглощение тепла, выделяемого рыбой в результате экзотермических процессов, происходящих в ней после ее смерти.

При нормальных условиях хранения охлажденной рыбы во льду все части ее тела должны иметь температуру, весьма близкую к 0° . Как только вследствие непрерывного таяния льда количество льда становится недостаточным для поддержания в рыбе низкой температуры, последняя начинает неуклонно возрастать, стремясь уравниваться с температурой окружающей среды. Это повышение температуры приводит к усилению как энзиматических, так и бактериальных процессов, что имеет следствием не только быстрое изменение первоначальных пищевых качеств рыбы, но способствует также дальнейшему повышению температуры.

Исходя из сказанного, необходимо признать, что хранение рыбы во льду должно прерываться тотчас же, как только температура начнет повышаться. Очевидно, этот перегиб кривой температур в основном зависит от количества льда, оставшегося в ящике после охлаждения рыбы, т. е. от начальной температуры рыбы, соотношения между льдом и рыбой, температуры окружающего воздуха, конструкции тары и т. п.

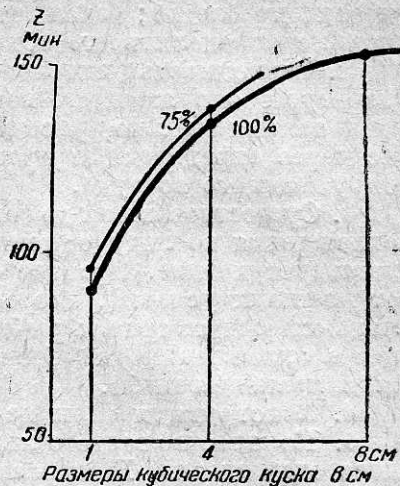


Рис. 14. Зависимость продолжительности охлаждения рыбы (судак—средний вес 1,25 кг) во льду от размеров кусков льда. Температура окружающего воздуха 10°

зависимости, общие для всех видов охлаждения, нами затрагивались только частично.

ВЫВОДЫ

1. Объемные веса дробленого льда зависят от степени и равномерности дробления; зная степень дробления льда, можно по диаграмме определить его объемный вес.

2. Зависимость интенсивности таяния дробленого льда от температуры окружающего воздуха является прямолинейной, по кривой таяния можно рассчитать процент льда, остающегося в ящике через определенные промежутки времени при данной температуре окружающего воздуха.

3. Существовавший до сего времени взгляд на зависимость процесса охлаждения во льду от температуры окружающего воздуха не соответствует истине. Процесс охлаждения протекает во льду независимо от внешних условий. Поэтому необходимо для уменьшения потерь льда охлаждать трюмы рыбных судов, не опасаясь замедления процесса охлаждения и обеспечивая в то же время надлежащий режим хранения рыбы.

4. Конструкция тары не влияет на процесс охлаждения.

5. Количество взятого льда в очень сильной степени влияет на процесс охлаждения. Кривая зависимости между процентом льда и продолжительностью охлаждения показывает, что при количествах льда меньше 75% от количества охлаждаемой рыбы продолжительность охлаждения от $+20^{\circ}$ до $+1^{\circ}$ очень быстро возрастает, достигая при 25% бесконечности. Это означает, что для правильного, т. е. быстрого и равномерного, охлаждения рыбы на местах лова необходимо употреблять значительные количества льда даже при относительно низких температурах рыбы и воздуха.

6. Величина кусков льда в значительной степени определяет интенсивность охлаждения: чем куски меньше, тем охлаждение протекает быстрее и равномернее. Это обстоятельство лишний раз говорит в пользу применения в рыбной промышленности мелко дробленого льда типа снежного, мягкого или чешуйчатого.

SUMMARY

1. The volume weights of crushed ice depend on the degree and proportion of crushing; knowing the size of crushed ice we may determine its volume weight.

2. The relation of the intensity of thawing of crushed ice and the temperature of surrounding medium are rectilinear. By the curve of thawing ice we may determine the percent of ice remaining in the box after a definite interval of time and at a given temperature of the medium.

3. Up to now we have thought that the cooling of fish fully depends on the temperature of the surrounding medium. This opinion has proved to be wrong; the cooling process always proceeds evenly, independently on external temperature conditions. Therefore it is advisable to cool the holds of fishing vessels as it does not retard the process of cooling and provides at the same time the required condition for storing fish.

4. The kind of packing does not influence the process of cooling.

5. The quantity of ice on board greatly influences the cooling process. The curve of relation between the quantity of ice and the duration of cooling shows that if the quantity of ice is less than 75% of the mass of fish being cooled, the duration of cooling at $Z_{+1}^{+20^{\circ}}$ increases rapidly and reaches infinity with a quantity of ice of 25%. This means that for proper (i. e. rapid and even) cooling of raw fish it is necessary

to use a considerable quantity of ice at relatively low temperatures of the fish and the air.

6. Owing to the nature of the ice cooling process the size of the lumps of ice determines the cooling process to a considerable degree: the cooling goes on quicker and more even the smaller the lumps are. This circumstance once more speaks on behalf for the use of the so called pack or flake ice in fishing industry.