

ВЛИЯНИЕ ПОДМОРАЖИВАНИЯ НА СВОЙСТВА РЫБЫ

В. Х. Озолинг

THE INFLUENCE OF FREEZING ON THE PROPERTIES OF FISH

By V. Ch. Osoling

Охлаждение рыбы может происходить не только при помощи льда, но также и при помощи холодного рассола, причем в отличие от охлаждения льдом рыба в рассоле может в большей или меньшей степени подмерзнуть.

Охлаждение рыбы должно получить широкое распространение в рыбной промышленности; охлажденные продукты должны непосредственно отправляться в изотермических вагонах или судах в районы потребления или же поступать на крупные рыбные перерабатывающие предприятия типа Астраханского рыбокомбината. По этой именно причине представляется необходимым изучить вопрос о том, допустимо ли подмораживать рыбу в процессе ее охлаждения. В зависимости от того или другого решения этого вопроса изменяются все основные показатели для проектирования соответствующих установок, как, например, размеры охлаждающей установки, температура рассола, продолжительность охлаждения и вытекающая отсюда длина ленточного транспортера или другого аналогичного устройства и их линейная скорость. Если подмораживание рыбы вполне допустимо, то путем применения рассола с низкими температурами можно значительно сократить продолжительность охлаждения и уменьшить тем самым размеры установки. Если подмораживание недопустимо, то при значительной производительности охлаждающей установки она должна получить значительные размеры.

В настоящих опытах наше внимание было обращено исключительно на изучение влияния подмораживания на рыбу при охлаждении ее рассолом (раствором хлористого натрия) различной температуры и концентрации.

В качестве опытного материала нами были взяты зеркальные карпы весом от 400 до 500 г; перед опытом они оглушались сильным ударом по голове, взвешивались и поступали затем или непосредственно на хранение во льду или после предварительного охлаждения в рассоле хлористого натрия до температуры в центре рыбы в -1° . Контроль температуры осуществлялся ртутными термометрами. Все опыты проводились без побудительной циркуляции рассола.

Помимо систематического весового и органолептического контроля (посмертное окоченение, свежесть рыбы, наличие слизи и т. п.), в течение опытного хранения рыбы подвергались также гистологическому исследованию.

Во всех опытах по охлаждению рыбы в рассоле с температурой, лежащей ниже точки замерзания ткани рыбы, наблюдалось поверх-

ностное подмораживание ткани. Это явление достаточно резко обнаруживалось даже при температурах рассола от -1 до -2° ; ясное подмораживание наблюдалось при переходе температурной границы от $-1,2$ до $-1,4^\circ$ и в первую очередь на плавниках и основании хвостового оперения.

Картина подмораживания особенно рельефно выявляется на поперечных разрезах рыбы; граница между подмороженным и неподмороженным слоем ткани выступает здесь очень резко и определено. В противоположность неподмороженной ткани, которая в местах свежих срезов имеет блестящую поверхность, подмороженная ткань утрачивает блеск, делается матовой и опалесцирующей. Последнее объясняется, повидимому, наличием в ткани некоторого количества мелких кристаллов льда, диффузно отражающих свет.

Толщина этого матового слоя зависит в основном от температуры рассола и конечной температуры рыбы, т. е. от продолжительности охлаждения (других факторов мы не меняли); так, например, при температуре рассола в -3° , конечной температуре в центре рыбы в 0° и продолжительности охлаждения в $Z_0^{+10} = 20$ мин. толщина матового слоя достигала около 1,5 мм. При более низкой конечной температуре рыбы продолжительность охлаждения естественно должна была увеличиваться, должна была возрасти и толщина матового слоя: так, например, при температуре рассола в -3° и $Z_{-1}^{+13} = 43$ мин. толщина этого слоя равнялась 4 мм. Наоборот, при более низких температурах рассола продолжительность охлаждения сокращается, однако толщина матового слоя возрастает; так, например, при температуре рассола в $-7,8^\circ$ и $Z_{-1}^{+10} = 20$ мин. матовый слой достигал уже 6 мм.

Количество ледяных кристаллов в матовом слое, повидимому, незначительно, так как его консистенция немногим отличается от консистенции глубинных слоев (например, при нажиме ланцетом). Однако, и этого количества кристаллов, расположенных в поверхностном слое ткани рыбы, было достаточно для того, чтобы рыба приобрела значительную упругость при изгибе.

Гистологические исследования показали, что процесс кристаллообразования в этом случае не является настолько значительным, чтобы заметно изменить структуру ткани. Конечно, необходимо при этом иметь в виду, что продолжительность процесса подмораживания очень незначительна и что рыба сразу после окончания этого процесса подвергается дефростации после помещения ее в лед.

Из отдельных частей рыбы наиболее резко сказывается подмораживание на мускулатуре хвостового плавника. Благодаря небольшой толщине, изотермы, соответствующие точке замерзания ткани, наиболее быстро достигают позвоночника. Последнее прекрасно видно из рис. 1, где даны температурные кривые для центра толстой части рыбы (у позвоночника, кривая 1) и для хвостовой части мускулатуры (кривая 2); в то время как хвостовая мускулатура близка к подмерзанию (-1°), температура центральной части еще равна $1,5^\circ$; когда температура последней постепенно снижается до -1° , хвостовая часть успевает замерзнуть, что можно видеть по горизонтальному участку кривой на рис. 1 ($-1,3^\circ$). Кривая 3 дает температуру рассола. Аналогичные кривые мы наблюдали бы и в поверхностных слоях ткани.

Зеркальные карпы покрыты довольно значительным количеством слизи, которая при погружении в рассол очень быстро белеет. Это побеление не связано с процессом самого подмораживания: повиди-

тому, побеление зависит от того, что белки слизи карповых легко высаливаются.

При хранении во льду побелевшая слизь постепенно приближается к своей первоначальной окраске, сохраняя при этом некоторую мутность. Это обстоятельство необходимо считать одним из отрицательных моментов контактного охлаждения и замораживания рыбы.

Во всех случаях контактного подмораживания вес рыбы в течение этого процесса увеличивался.

Рыба непосредственно после подмораживания укладывалась в тающий дробленый лед, где она немедленно же подвергалась действию

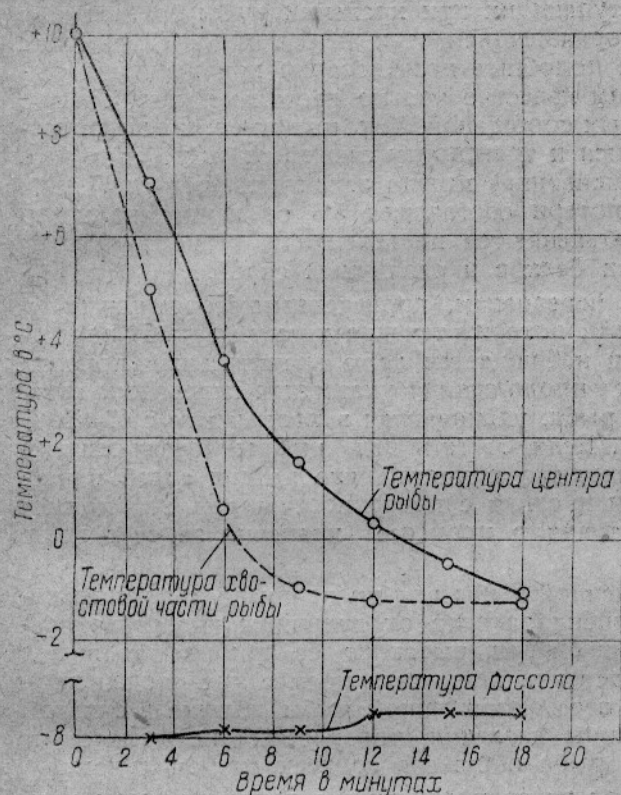


Рис. 31. Кривые охлаждения рыбы.

воды от таяния льда. В аналогичных условиях находились и контрольные экземпляры (т. е. не подвергавшиеся подмораживанию). Температурные условия окружающего воздуха были совершенно одинаковы в каждой парной серии опытов.

Во время хранения наблюдались некоторые отличия в консистенции неподмороженной и подмороженной рыбы: консистенция первой мало изменялась до начала посмертного окоченения, причем наступление последнего происходило в более резкой форме, чем у второй. По консистенции подмороженная рыба была похожа на окоченевшую.

Значительного различия в консистенции после начала окоченения между подмороженной и неподмороженной рыбой во время хранения не наблюдалось, хотя посмертные изменения более закономерно протекали у рыбы неподмороженной. Внешний вид неподмороженной рыбы (т. е. не соприкасавшейся с раствором поваренной соли) изменяется лишь постепенно, очень медленно, в особенности при хранении в тающем льде; рыба, подмороженная в рассоле, по внешнему виду быстро меняется к худшему. Слизь, придающая рыбе натуральный вид, претерпевает значительные изменения уже в процессе самого подмораживания; во время хранения эта слизь быстро смывается водой от таяния льда. Это обстоятельство неизбежно приводит к совершенно ненормальному для свежей рыбы явлению подсушивания ее поверхности; в зависимости от концентрации и температуры охлаждающего рассола эти изменения наступают быстрее или медленнее, но даже при незначительных концентрациях NaCl, после нескольких дней хранения во льду, рыба приобретает некрасивый и ненатуральный вид, теряя отчасти свою товарную ценность.

Наряду с исчезновением слизи несколько изменяется также окраска кожи зеркального карпа — она немного темнеет; у контрольных экземпляров такого потемнения не наблюдалось. Наконец, контактное охлаждение вызывает потемнение цвета жабр — явление, нежелательное с товарной точки зрения.

Перечисленные нами изменения имеют большое значение: они дают показатели, отличающие рыбу контактного охлаждения от рыбы, охлажденной непосредственно во льду; однако, перевести указанные изменения на язык цифр трудно.

Более объективные и определенные данные получаются при весовом учете изменений, наступающих при хранении рыбы во льду как с предварительным подмораживанием, так и без него. Подробных указаний в литературе на подобные исследования при хранении рыбы во льду не имеется, нам известно только несколько общих и при том резко противоположных сообщений. Так, например, по американским работам¹⁾, относящимся к транспорту свежей рыбы во льду (без предварительного подмораживания) можно заключить, что за 7 дней хранения рыбы во льду потери составляют 5% от первоначального веса рыбы. Потери эти объясняются постепенным выщелачиванием из ткани рыб растворимых белков и различных солей.

Судя же по опытным перевозкам, проведенным Короткиным по маршруту Ростов—Москва²⁾, потери в течение хранения рыбы во льду совершенно отсутствуют, и наблюдается даже значительный прирост веса хранимой рыбы. Так в продолжении указанных перевозок, длившихся в течение 10 дней, рыба, упакованная в колымажки с 45—50% льда, дала привес в 7-8%. Если считать эти цифры отвечающими действительности, то необходимо принять, что потеря солей и растворимых белков из ткани и слизи с поверхности рыбы с избытком покрывается набуханием ткани в процессе хранения за счет воды от таяния льда.

Изменение веса охлажденной рыбы при хранении во льду, повидимому, в значительной степени зависит от величины интервала времени, отделяющего момент смерти рыбы от ее помещения в лед (т. е. не началось, протекает или кончилось посмертное окоченение).

Кроме того, изменение веса охлажденной рыбы должно в сильной степени зависеть от величины давления, которое она испытывает, и от того, насколько полно рыба окружена со всех сторон льдом.

Результаты наших работ не совпадают ни с одной из выше приведенных. Прежде чем остановиться на их разборе, необходимо заметить, что они получены в результате лабораторных опытов над очень ограниченным числом экземпляров рыб и при непрерывном (через день или два) перемешивании одних и тех же экземпляров. Последнее особенно важно, так как необходимо иметь в виду, что частое перекалывание рыбы, освобождение ее от мелких кусков льда и т. п. приводит к потере значительного количества слизи, которая без наличия этих механических факторов оставалась бы на рыбе. Высокая температура хранения ящиков с рыбой в наших опытах имела следствием быстрое таяние льда и образование значительных масс воды, стекающих по рыбе, что усиливало выщелачивающее действие последней.

Как сказано выше, весовые изменения в случае хранения подмороженной или неподмороженной рыбы были совершенно различны.

¹⁾ Fishery Industrie of the United States, 1934. By KN. Fiedler, Bureau of Fisheries, 1935.

²⁾ И. Ю. Короткин, Опытные перевозки рыбы из Ростова в Москву. Холодильная лаборатория ВНИИРП, научн. руководитель проф. Ф. С. Касаткин (рукопись), 1934.

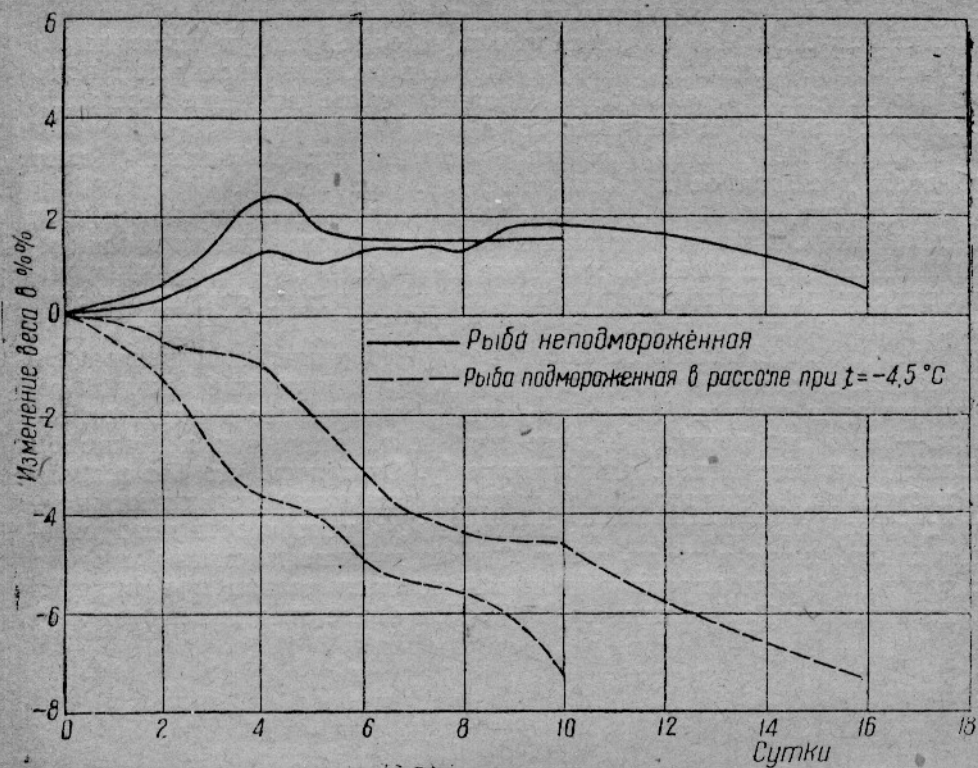


Рис. 2. Изменение веса рыбы при хранении во льду.

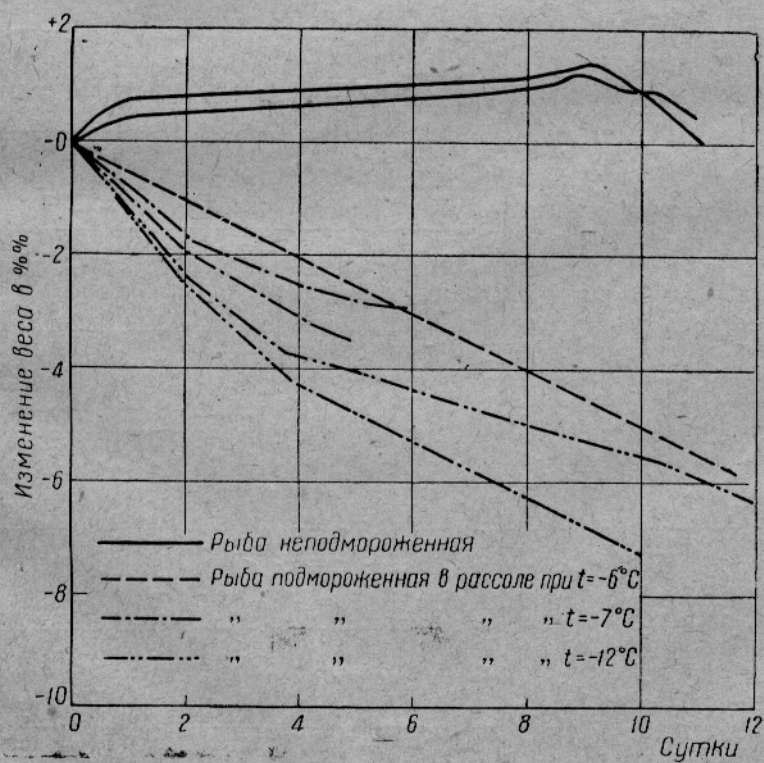


Рис. 3. Изменение веса рыбы при хранении во льду.

В то время как при хранении свежей рыбы мы имели или небольшой привес или же колебания веса около исходной цифры последнего в течение всего срока хранения, хранение подмороженной рыбы показывало всегда определенное и довольно резкое снижение веса рыбы с первых же дней ее хранения во льду.

Приводимые кривые (среднее из нескольких наблюдений) дают об этом достаточное представление (см. рис. 2 и 3).

Как видно, особенно резкое падение веса наблюдается в первые дни хранения. Влияние различных температур охлаждения на интенсивность потерь в весе при хранении, повидимому, очень незначительно, так как судя по полученным кривым, потери мало отличаются друг от друга в пределах температур рассола от -4 до -12° ; зато наблюдается определенная зависимость между потерями и концентрацией рассола. Эта зависимость обнаружилась при проведении опытной серии, которая должна была определить, что вызывает в основном потери — само ли подмораживание или неизбежное при контактном охлаждении воздействие рассола на рыбу. Оказалось, что без всякого подмораживания при этом наблюдаются все характерные признаки подмороженной рыбы: отсутствие слизи, сухость поверхности, ненормальная консистенция и убыль в весе. Однако, картина изменений, сходная с таковой при подмораживании, наблюдается только при высоких концентрациях NaCl, например, 20%. При более низких концентраци-

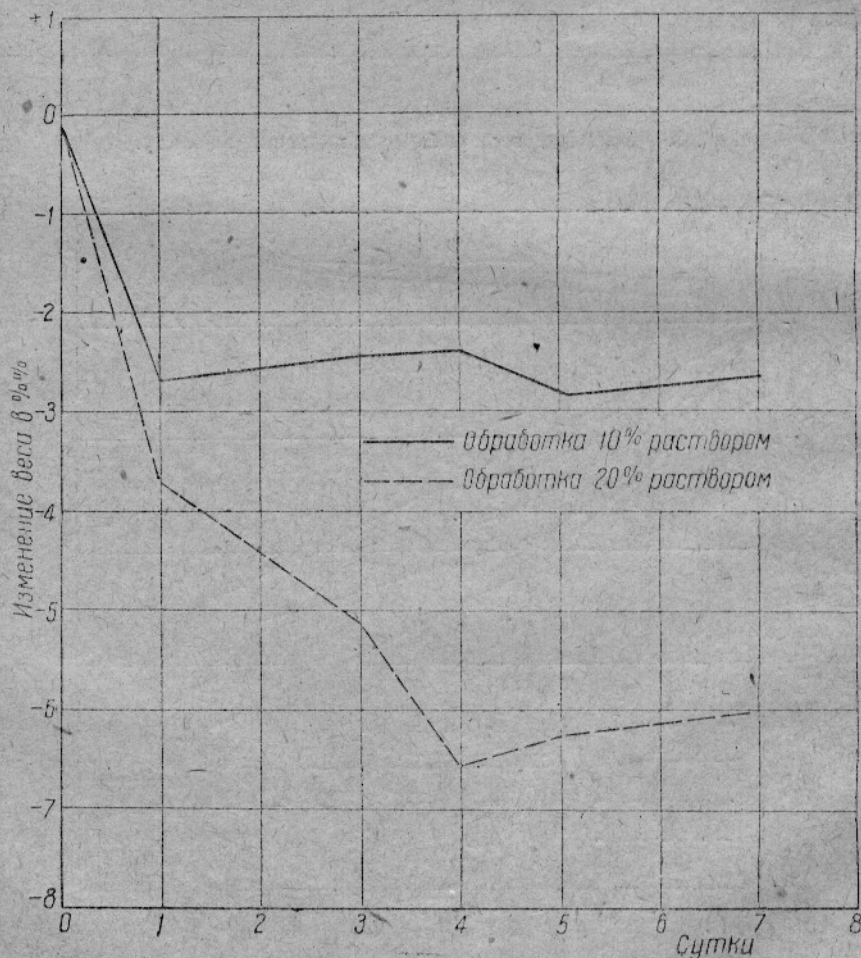


Рис. 4. Изменение веса рыбы при хранении во льду после обработки.

ях, например, 10%, нет типичных изменений: слизь целиком не пропадает и убыль в весе значительно меньше. Если при 20% NaCl потери в весе доходят иногда до 8%, то при 10% NaCl кривая потерь не спускается ниже 3%.

Кроме того, кривые потерь, полученные для всех случаев совместного действия подмораживания и рассола, не имеют точек минимума, и процесс убыли в весе протекает непрерывно во времени. В случае же воздействия одного рассола хлористого натрия мы имеем дело с кривыми, имеющими точку минимума или по крайней мере точку перегиба. Повидимому, в последнем случае нарушение первоначальных качеств ткани и поверхностных покровов не настолько значительно, чтобы потери могли превысить увеличение веса, имеющего место в течение всего срока хранения, благодаря набуханию.

На рис. 4 даны кривые, построенные по средним цифрам нескольких опытов.

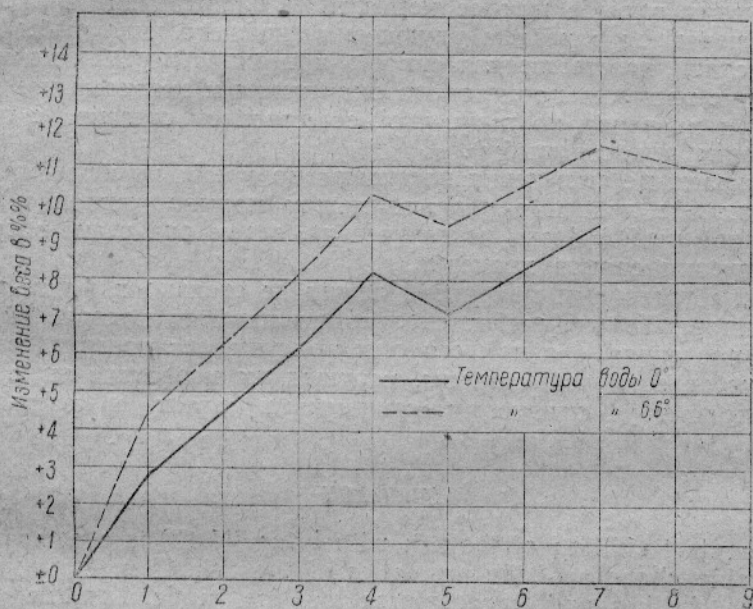


Рис. 5. Кривые изменения веса рыбы при хранении в воде.

Как было видно из приведенных выше кривых изменения веса неподмороженного карпа при хранении во льду, привес в начале хранения относительно невелик. При значительных сроках хранения, когда ферментативные и бактериальные процессы начинают сказываться на качестве рыбы, последняя начинает заметно терять в весе. Это, повидимому, объясняется уменьшением степени набухания ткани, образованием продуктов распада белков и т. п.

Чтобы осветить вопрос о набухании целой рыбы, нами были поставлены опыты по хранению рыбы в воде при различных температурах. При этом выяснилось, что набухание в воде протекает значительно более интенсивно, чем во льду; очевидно, даже непрерывное орошение водой во время таяния льда недостаточно для достижения максимума набухания ткани.

Как видно из соответствующих кривых (рис. 5 — среднее значение изменения веса для 6 экземпляров рыб), изменение веса характеризуется кривой, имеющей значительную крутизну; максимум ее совпадает, повидимому, с началом порчи рыбы. Увеличение веса, указываемое кривыми, нельзя считать истинным набуханием; изме-

стное количество воды проникает в полости рыбы и удерживается в них чисто механически. Все же большая часть привеса падает на набухание; рыба приобретает очень твердую консистенцию, которая не наблюдается при хранении рыбы во льду даже в моменты максимума посмертного окоченения. Продолжительность стадии сильного набухания рыбы зависит, конечно, в значительной степени от температуры хранения. Но наряду с этим необходимо заметить, что даже при высоких температурах хранения стадия сильного набухания перекрывает стадию абсолютной свежести рыбы: жабры и слизь поверхности приобретают неприятный запах; однако, набухание ткани все еще остается значительным.

Результаты данной работы показывают, насколько резко действует прямой контакт рыбы с охлаждающим рассолом на качество рыбы, если не приняты специальные меры защиты (последующая тщательная промывка и т. п.).

Изменения в рыбе при ее контактном охлаждении в растворе NaCl заключаются в резком ухудшении внешнего вида рыбы (исчезновение слизи, неестественная сухость поверхности рыбы, ненормальное течение процесса посмертного окоченения и значительные потери в весе при хранении во льду, что естественно связано с потерей питательных веществ рыбы).

Все указанные изменения наступают во время хранения рыбы во льду; в начале хранения разница между подмороженной и неподмороженной рыбой очень незначительна, затем она резко возрастает при удлинении сроков хранения.

Причина указанных изменений лежит не столько в факте частичного подмораживания рыбы, сколько во влиянии поваренной соли (NaCl); последняя, с одной стороны, подсушивает поверхностные покровы рыбы, с другой стороны, нарушая их первоначальную структуру, вызывает усиленную потерю тканями влаги и растворимых веществ.

SUMMARY

The contact chilling of the fish with brine (NaCl) is accompanied by unfavourable changes of the properties of the fish. Changes taking place during the chilling and freezing processes are noticed while the fish is being stored in ice; the changes are explained by the drying of the surface of the fish which had been treated with a solution NaCl and by the breaking up of the structure of the tissues. In consequence the quality of brine chilled fish is not so good as the quality of ice chilled fish.
