

Проф. С. В. ЛЕБЕДЕВ и В. В. ТИХОМИРОВ

ОТТАИВАНИЕ ПАРОМ
МЕРЗЛОЙ
СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ

ТОМСК

Оттаивание паром мерзлой свекловичной стружки.

В перспективах оформления сибирской сахарной промышленности в связи с своеобразными климатическими условиями и в частности с продолжительной устойчивой зимой, без оттепелей, одним из характерных и существенных моментов является возможность длительного хранения свеклы в замороженном состоянии. В связи с этим выдвигается вопрос о необходимости оттаивания свеклы перед сокодобыванием. Учитывая возможность поступления свеклы в завод с низкой температурой, в отдельные периоды доходящей до 30° и 40° С. ниже нуля, и принимая во внимание, что оттаивание свеклы в диффузорах связано с значительной затратой тепла, резко нарушающей обычный тепловой режим диффузии—в данном случае выдвигается вопрос о предварительном оттаивании стружки. По целому ряду соображений этот вопрос технически целесообразно было бы провести путем ошпаривания свекловичной стружки за время ее продвижения между резкой и диффузором, при этом естественно возникает вопрос о том, как легко и скоро возможно произвести это оттаивание. С другой стороны это же допущение ставит нас перед вопросом о тех изменениях, которые при этих условиях могут быть вызваны как в физических свойствах стружки, так и в химическом составе получающегося из нее сока.

Вопрос этот неизбежно возникает в связи с непосредственным влиянием пара, т. е. высокой температуры на свекловичную стружку, что может иметь большее или меньшее значение для сахарного производства в целом. От степени этих изменений в известной мере должна зависеть и самая возможность применения такого метода оттаивания мерзлой стружки. В связи с этим выдвигается необходимость выяснить те или иные явления, происходящие при ошпаривании, кроме того, физические и механические свойства ошпаренной стружки, а также химические изменения в получающемся из такой стружки соке, если таковые имеют место.

Для опытов употреблялась алтайская свекла, доставленная в Томск в конце октября. Свекла была получена в совершенно замерзшем состоянии и в дальнейшем сохранялась в крытом досчатом сарае, легко воспринимавшем изменения наружной температуры.

Корни были обычной формы, в разрезе белые, и не обнаруживали потемнения и вообще явлений, которые могли бы указывать на порчу свеклы или на ее оттаивание. Состав свеклы характеризуется следующими данными:

Т а б л и ц а № 1

Средний вес корня	Нормальный сок				Дигестия	% сока в свекле	Азота в %		
	Бр.	Сх.	Нсх.	Дб.			Общего	Белкового	Небелкового
Крупный 813 гр.	25,0	20,7	4,3	82,8	19,8	95,7	—	—	—
Средний 407 гр.	26,0	21,4	4,6	82,3	20,0	93,5	0,394	0,166	0,228
Мелкой 255 гр.	26,8	22,5	4,3	84,0	20,6	91,6	—	—	—
В среднем 491 гр.	25,9	21,5	4,4	83,0	20,13	93,6	0,394	0,166	0,228

Состав нормального сока и дигестия определились при поступлении свеклы в лабораторию. Данные, касающиеся азота, представляют собою средние одновременных определений в процессе осуществления данной работы.

Опыты начались с января. Предназначенная для опытов партия свеклы была разбита на 2 неравные части. Меньшая доля сохранялась в описываемой ниже холодильной камере холодной лаборатории, в течение 1½ месяцев хранения имевшей в среднем температуру около 5—10° С. ниже нуля. Остальная большая часть свеклы, с которой проведено экспериментальное исследование на тему данной работы, хранилась в упомянутом сарае на наружном воздухе при более низких температурах. Необходимость выделения части свеклы в холодильную камеру вызвана особенностью климатических условий Западной Сибири. В зимнее время возможны резкие колебания температуры наружного воздуха не только в течение нескольких дней, но и в течение суток, что могло бы отразиться на сохранении однообразных температурных условий при продолжительном ряде опытов. Поэтому весьма удачным оказалось применение для хранения мерзлой свеклы специальной холодильной лаборатории, устроенной при Кафедре Питательных Веществ Сибирского Технологического Института. Последняя представляет собою глубоко опущенную в землю подвальную каменную пристройку с двойными стенами, сообщающуюся с помещением лаборатории питательных веществ. Наружные стены пристройки кирпичные, с воздушными каналами внутри, а внутренние бетонные. Все помещение разделено на две камеры. В первой камере, которую в дальнейшем будем называть холодной лабораторией, температура воздуха за зимние месяцы с декабря по март в среднем около минус 5° С., а во второй камере, которую назовем холодильным помещением,—за то же время было около минус 8° С. В обоих этих помещениях температура в известных пределах времени держалась довольно устойчиво, но за зиму в целом температура все же постепенно изменялась. В связи с тем, что одним из существенных моментов в освещении явления оттаивания стружки методом ошпаривания паром был вопрос об изменениях свеклы при хранении в течение опытов,—представлялось интересным провести

ряд сравнительных наблюдений со свеклой различных условий хранения. Имея в данном случае помещение со значительно более высокой температурой, нежели температура наружного воздуха, оказалось возможным еще более расширить амплитуды колебаний температуры хранения. Для указанной цели из всей партии свеклы было выделено три пробы, по 40 корней каждая, и уложены в мешки. Ввиду возможного резкого различия отдельных бураков друг от друга, все эти пробы как по весу, так и по внешнему сходству входящих в них корней были подобраны по возможности одинаково.

Одна из проб весом в 16.000 грамм хранилась непрерывно на наружном воздухе, другая в 14.820 гр. в холодной лаборатории с колебаниями температуры от -2°C . до -6°C . и третья в 16.270 гр. попеременно через каждые 5 дней переносилась с наружного воздуха в холодную лабораторию и обратно. В последнем случае свекла испытывала колебания наружной температуры в амплитуде от $2-6^{\circ}\text{C}$. ниже нуля, до $10-34^{\circ}\text{C}$. ниже нуля. Все пробы повторно одновременно взвешивались с точностью до 0.05% через каждые 5 дней. Наблюдения производились с 15 января по 15 марта. После 15 марта пробы были перенесены в холодильное помещение и затем исследовались. Чертеж I показывает изменения средней и минимальной суточной температуры наружного воздуха и свеклохранилищ по пятидневкам с 1 октября, по 1 апреля по данным метеорологической станции. (См. чертеж 1).

Ход кривых указывает на весьма резкие колебания температур наружного воздуха и на относительное постоянство температур обоих холодных помещений. Резкие колебания температуры наружного воздуха однако постепенно передаются и холодному помещению, отражаясь несколько более на холодном помещении и менее на холодной лаборатории. Температура наружного воздуха за 2 мес. наблюдений в среднем была около минус 20°C ., колеблясь от $-3,5$ до -34°C . Температура холодной лаборатории колебалась от $-2,5^{\circ}\text{C}$. до $-7,7^{\circ}\text{C}$., в среднем составляя за время наблюдений $-8,5^{\circ}$. Несмотря на то, что температура холодной лаборатории как будто исключала возможность оттаивания, все же через 25 дней после закладки сюда проб свеклы было замечено, что хвостовая часть бураков стала значительно мягче всей остальной массы корня. Постепенно размягчение выявлялось отчетливее и, наконец, хвостовая часть оказалась наощупь и по виду совершенно оттаявшей; при разрезании из нее показывался не замерзший сок. Такое размягчение обнаруживалось и в периферийных слоях корня. Параллельно с этим уменьшался и вес пробы. В начале марта такие же явления, но менее отчетливо выраженные, можно было наблюдать и в пробе переносной.

Изменение веса проб показано кривыми, по абсциссе диаграмм нанесено время (см. чертеж 1) на оси ординат отложен вес в % от первоначального при закладке.

Из этих данных чертежа, представленных ниже таблицей № 2, видно, что свекла, сохранявшаяся на наружном воздухе почти не испытала убыли в весе, которая в конечном счете выражается всего 0.74% от первоначального. Наибольшая потеря в весе у свеклы, хранившейся в холодной лаборатории (ок. 8%), убыль веса пробы переносной занимает некоторое среднее положение (ок. 5%).

При исследовании проб, производившемся в конце марта, выявилось следующее. Периферийные слои свеклы, хранившейся в холодной лаборатории, как это наблюдалось еще при хранении — оттаяли; оттаявшие

слои почернели, стали дряблыми, а мерзлая середина осталась неизменной. Эти изменения произошли при всех трех случаях хранения, но в различной степени. При разрезании корней, хранимых в тех или иных условиях, наблюдались чрезвычайно характерные разрезы в отношении темной окраски периферийной части корня и ее расположения относительно незамерзшей светлой части. При этом выявилось неодинаковое количественное соотношение этой почерневшей, незамерзшей части к остальной замерзшей. Это отчетливо выражается прилагаемыми фото-снимками. Последние представляют собою типичные картины многочисленно подвергавшихся разрезыванию корней для каждого из случаев хранения. Фотографии каждого случая представлены для каждого корня одним продольным и поперечными разрезами этого же корня.

Фото-снимки №№ 1—3 относятся к случаю хранения на наружном воздухе. Фото-снимки №№ 4—6 относятся к случаю хранения исключительно в холодной лаборатории. Фото-снимки №№ 7—9 относятся к случаю повторного перенесения и выдерживания по 5 дней на наружном воздухе и затем в холодной лаборатории.

Таблица № 2 содержит сводку данных исследования проб.

Т а б л и ц а № 2

Условия хранения пробы	Изменения корня в целом		Изменения периферийных слоев к 15-20 марта	
	Вес свеклы в % к первоначальн. весу	% сахара по дигестии	Толщина почерневш. слоя	Вес почерневшего слоя к весу корня %
На наружном воздухе.	99,3	19,5	1-4 м/м в глубину корня нет плесеней	5—8%
В холодной лаборатории	92,1	20,6	10-15 м/м. в глубину. Заметное развитие плесеней	54%
Переносная свекла	95,1	20,7	5-10 м/м. в глубину. Местами появление плесеней	35%

Не входя в настоящей работе в подробный анализ сущности и причин констатированных явлений, мы можем до известной степени прийти к общему заключению в отношении оценки каждого из этих способов хранения. Оказывается, что наилучшим был способ хранения непосредственно на наружном воздухе. Вместе с тем этот вывод говорит о том, что в произведенных на тему данной работы опытах с обработкой паром со свеклой хранившейся на наружном воздухе—гарантирована наилучшая возможность однородности и неизменяемости материала, применявшегося в длительный период опытов. Для опытов употреблялась свекловичная стружка, получавшаяся на обычном ноже заводской свеклорезни, установленном в ножевую раму. Сущность ра-

боты требовала, чтобы свекла до ошпаривания ни в коей мере не оттаивала, поэтому были приняты все меры для предохранения ее от оттаивания во время очистки и резки. С этой целью все подготовительные работы велись в упомянутой выше холодной лаборатории со средней температурой близкой минус 1° С. Обычное отмывание грязи было заменено очисткой сухой щеткой. В единичных случаях, требовавших безусловной очистки, когда в то же время оттаивание тонкого поверхностного слоя не противоречило целям опыта,—свекла быстро отмывалась ледяной водой в том же холодном помещении. Свекла изрезывалась вручную на указанном ноже свеклорезки. при этом на руки надевались двойные шерстяные перчатки. Стружка сохранялась в герметических банках на наружном воздухе. Навешивание производилось в холодной лаборатории; там же хранились весы, прибор, в котором ошпаривалась стружка, и вся необходимая посуда. Стружка была белого цвета, нормальной формы, толщиной 4—5 м/м. и обычно не содержала мязги. Лишь в сильные морозы около $-30, -40^{\circ}$ С. вследствие отвердевания приносимая непосредственно с мороза свекла с трудом поддавалась резке; получалась тонкая, короткая и рваная стружка.

В таких случаях свеклу заблаговременно приносили в подвал, где она несколько „отходила“, после чего изрезывание шло благополучно. Стружка выносилась на наружный воздух. В течение примерно 1 дня стружка на морозе сохраняется хорошо, не чернея и не изменяясь. При хранении более одного дня наблюдалось примораживание отдельных кусков стружки друг к другу настолько, что при отборе навески стружка ломалась. Поэтому стружка заготавливалась на 1—2 дня. Мерзлая стружка вообще оказывалась очень ломкой; ломкость зависит от температуры, повышаясь с понижением температуры. При наблюдении над процессом резки было установлено, что наиболее правильная по размерам и в то же время наименее ломкая стружка получалась при резке свеклы в продольном направлении, т. е. в направлении распределения сосудисто-волокнистых пучков по длине стружки, что и обуславливало ее относительно прочную, поэтому корни в дальнейшем резались исключительно в продольном направлении.

В качестве источника пара употреблялся небольшой паровой котел с необходимой аппаратурой и трубопроводом с соответствующей изоляцией. К окончанию трубопровода под прямым углом вертикально привинчено сопло в виде латунной трубки диаметром в 16 м/м., а длиной около 250 м. На протяжении 100 м длины сопла от его нижнего закрытого конца расположены равномерно в шахматном порядке 100 отверстий диаметром ок. 0.5 м/м. Паровой котел не обладал достаточной паропроизводительностью, поэтому давление в котле оставалось постоянным лишь в течение нескольких секунд от момента пуска пара. Для ошпаривания был сконструирован специальный прибор, представляющий собою цилиндрический сосуд из жести высотой в 175 м.м. и диаметром в 100 м/м. с дырчатым, ложным дном. В центре укреплялась цилиндрическая редкая сетка диаметром в 35 м/м. и высотой в 14.5 м/м. Пространство внутри сетки, не заполнявшееся свеклой предназначалось для введения парового сопла, которое доходило до самого дна. Для предупреждения уноса паром брызг и связанных с этим потерь сахара сосуд закрывался 2-мя скрепленными между собою на расстоянии 2 см. латунными сетками с отверстием для сопла. С применением сеток потери сахара, обнаруживавшиеся реакцией на альфа-нафтол в конденсате выходящего пара, устранялись.

Самые опыты ошпаривания производились следующим образом. Устанавливалось требуемое давление в котле. Перед ошпариванием паропровод и сопло прогревались для устранения конденсации во время ошпаривания. Прибор, заряженный в холодной лаборатории, и принявший температуру наружного воздуха с навеской в 136,5 гр., быстро подводился к паровому соплу, куда вслед за тем немедленно пускался пар.

При достаточном прогреве паропровода момент пуска пара совпадал с моментом его появления в приборе. Все манипуляции из-за опасения предвортительного оттаивания производились с возможно максимальной скоростью.

Отдельные опыты различались по длительности ошпаривания и по исходной температуре мерзлой стружки. Ориентировочные опыты в направлении варьирования температуры прогревающего пара показали, что опыты в этом направлении при ограниченной мощности лабораторного парового котелка и при ошпаривании открытым паром не представляется возможным провести в надлежащих условиях.

Первоначально был поставлен ряд опытов для выяснения внешнего эффекта, наблюдаемого при ошпаривании мерзлой стружки в различных условиях. Ошпаренная стружка быстро извлекается из сосуда и исследуется. Наблюдая процесс ошпаривания в его развитии во времени, можно было установить следующие явления.

1) Стружка, будучи сильно насыщена влагой, в первые моменты после оттаивания кажется мокрой.

2) С оттаиванием стружки связано появление на дне сосуда мутной, слабо окрашенной, содержащей сахар, жидкости, которую назовем „жидким отходом“.

3) Дальнейшее ошпаривание быстро разогревает стружку: при этом стружка становится суше.

4) Наконец при продолжительном, свыше 30 секунд действии пара, получается стружка, потерявшая свою упругость и прочность, скользкая наощупь, сравнительно легко обрабатываемая при разминании—в бесформенную массу. Помимо всего этого, было замечено, что хорошо прогретая стружка не чернеет на воздухе, оставаясь белой.

Оттаявшая, но слабо прогретая стружка быстро чернеет.

Ряд перечисленных внешних признаков выделяет три основных момента в развитии процесса ошпаривания:

а) момент полного оттаивания—3-5 секунд при полном доступе пара. Характеризуется: мокрой после оттаивания стружкой, быстро чернеющей на воздухе, стеканием жидкого отхода;

в) момент прогрева стружки—до 20 секунд; относительно сухая, медленно чернеющая на воздухе, прекращение стекания жидкого отхода;

с) момент „переошпаривания“—свыше 20 секунд; скользкая на ощупь, относительно легко обрабатываемая в бесформенную массу стружка, не чернеющая на воздухе.

Из сказанного следует, что ошпаривание стружки с целью оттаивания должно быть ограничено известными пределами времени. Моменты прогрева и тем более переошпаривания представляются моментами, угрожающими основным свойствам свеклы. Поэтому для изучения процесса ошпаривания существенным является установление момента оттаивания, как наиболее соответствующего поставленным целям. Установление этого момента было одной из ближайших задач данного исследования. Методика исследования ошпаренной стружки была намечена отдель-

ными ориентировочными опытами. Средством для распознавания и установления отдельных моментов ошпаривания служили прежде всего внешние признаки ошпаренной стружки, а кроме того и количество стекающего жидкого отхода. Ошпаренная стружка тотчас же исследуется наощупь, а полученный жидкий отход отделяется на ситчатой воронке и взвешивается на технических весах. В прилагаемой таблице отмечены отдельные моменты процесса ошпаривания; таблица объединяет результаты 3-х серий опытов; каждая серия в этом случае и в дальнейшем объединяет опыты, произведенные за один день с определенной температурой наружного воздуха и, следовательно, соответствующей температурой мерзлой стружки.

Т а б л и ц а № 3

Серия	Продолжит. ошпар. в секундах	Давление пара в ат- мосф.	Температура мерзлой стружки	Внешние изменения стружки	Вес жидкого отхода в % в стружке
I	20	2,5—2,3	-10°	Переошпаривание.	23
	10	2,5	"	Прогрев стружки.	23
	5	2,5	"	Полное оттаивание.	17
	3	2,5	"	Стружка не вся оттаяла.	12
II	30	4,5—3,4	-20°	Переошпаривание.	24
	20	4,5—3,7	"	"	23
	5	4,5	"	Полный прогрев.	21
	3	4,5	"	Полное оттаивание.	18
	1	4,5	"	Неполное оттаивание. Отход удерж. стружк.	9
III	5	4,5	-10°	Полное оттаивание и прогрев	19
	3	4,5	"	"	18
	2	4,5	"	Неполное оттаивание.	17
	1	4,5	"	Неполное оттаивание. Отход удерж. стружк.	7

Из данных таблицы вытекают следующие заключения:

1. Процесс оттаивания мерзлой стружки есть процесс кратковременный и выражается несколькими секундами, колеблясь от 30 до 10 секунд. При этом значительного влияния начальной температуры мороженой стружки незаметно.

2. С увеличением давления пара в котле—время, потребное для оттаивания уменьшается, что видно из сопоставления опытов серии I и III.

3. Количество жидкого отхода, образующегося при ошпаривании, ограничено некоторым пределом. Для данной свеклы и условий данных опытов отношение веса жидкого отхода к весу взятой свеклы есть постоянная величина, в среднем из нескольких определений равная 23—24%.

Наблюдая внешний вид ошпариваемой стружки можно было заметить, что лед, находящийся в мерзлой свекле в виде довольно крупных агрегатов, под влиянием ошпаривания расплавляется; получающаяся вода стекает, а стружка приобретает как-бы ноздреватый вид. Как уже указывалось, в первые моменты ошпаривания стружка как бы более насыщена водой, а затем становится суше. В связи с этим выдвинулся вопрос об изменении веса стружки при ошпаривании, в зависимости от продолжительности последнего. Для выяснения этого был поставлен ряд опытов. Ошпаренная и охлажденная стружка после осторожного извлечения из сосуда взвешивается с точн. до 0 гр. Благодаря наличию ложного дна достигается полное отделение стекающего жидкого отхода от ошпариваемой стружки.

Результаты опытов представлены в таблице № 4.

Наблюдения велись в 2—3 параллельных пробах.

Т а б л и ц а № 4

Серия	Продолжит ошпар. в секундах	Давление пара в ат- мосф.	Температура мерзлой стружки	Внешние изменения стружки	Вес ошпар. стружки в % к в. с мер- злой
	5	2,5	—5°	Полное оттаивание. Стружка мокрая	102,5
	30	2,5—2,3	—15°	Переошпаривание	96,5
	3	2,5	—5°	Полное оттаивание	100,5
	5	2,5	"	" "	96,8
	10	2,5	"	" " и прогрев	94,8
VI	20	2,5—2,3	"	Переошпаривание	93,5
	30	2,5—2,0	"	"	90,7
	50	2,5—1,5	"	"	90,0
	60	2,5 1,0	"	"	90,4

Результаты опытов приводят к следующим заключениям:

1. Вес мерзлой стружки в процессе ее ошпаривания изменяется, увеличиваясь в первые моменты оттаивания и уменьшаясь в дальнейшем.

2. Уменьшение в весе по времени идет неравномерно: с увеличением продолжительности ошпаривания уменьшение в весе падает, достигая некоторого предела.

3. Предел убыли в весе для данной свеклы и условий данных опытов около 10% от первоначального веса последней.

Представлялось интересным осветить явление изменения веса мерзлой стружки путем сопоставления с подобным же ошпариванием стружки немороженой свеклы. В результате нескольких проведенных опытов оказалось, что уменьшение веса последней при ошпаривании незначительно. Так например, немороженая стружка, ошпаривавшаяся 45 секунд при одинаковых с мерзлой условиях опыта,—теряла не более 1% от своего веса, т. е. в 10 раз меньше мерзлой.

Эти опыты освещают вопрос о происхождении стекающего жидкого отхода, заставляя думать, что жидкий отход есть с одной стороны результат конденсации пара, с другой стороны—результат растаивания льда, выделившегося в замороженной свекле в виде довольно крупных агрегатов.

Как следствие, из произведенных опытов выдвигаются некоторые вопросы, связанные с ведением диффузионного процесса в случае ошпаренной мерзлой стружки. Как известно, образование льда при замерзании свеклы происходит вне клеток. Имбибиционная вода и вода клеточного сока стягивается в межклеточные пространства¹⁾, что повышает концентрацию клеточного сока. Поэтому после ошпаривания и утраты льда свекла должна представлять необычный материал для диффузии. Благодаря этому возможны некоторые сдвиги в условиях диффузионных процессов. С одной стороны вследствие изменения в структуре в связи с выплавлением льда нарушается нормальная сопротивляемость стружки к слеживанию, что установлено и заводской практикой, с другой же стороны изменяется степень нагрузки диффузоров.

Поскольку получающийся жидкий отход по своему происхождению связан с веществом свекловичной стружки,—возникает вопрос о его составе, концентрации, а в связи с этим и о месте, которое может занять этот новый продукт в ходе производства. Поэтому дальнейшие опыты были направлены на выяснение свойств и состава жидкого отхода. Жидкий отход представляет из себя мутную, содержащую взвешенные частицы жидкость, слегка желтоватого цвета, по внешнему виду близкую к соку из последних диффузоров. Помимо обрывков мяски, содержимого порванных клеток и т. д. в нем содержится небольшое количество внешних загрязнений, смытых паром со стружки. После взвешивания прибора жидкий отход отделялся от стружки и переводился в мерную колбу. В полученном отходе определялось % содержания сухих веществ и количество сахара. В виду малого количества жидкости исключалась возможность пользования ареометром. Поэтому для определения % содержания сухих веществ пользовались рефрактометром (Abbe и Eintauch-refraktometor Zeiss'a)--требующим всего 1—2 капли жидкости. Так как это количество почти не влияло на всю массу жидкого отхода, то содержание сахара в нем определялось в той же пробе прямой поляризацией доливанием этой колбы до метки при предварительном осветлении свинцевым уксусом.

Зная %-ное содержание сахара в мерзлой свекле, содержание его в отходах, а также количество жидкого отхода,—легко определить, сколько % сахара по весу его в свекле переходит в жидкий отход. Точно таким же образом можно подсчитать количество сухих веществ клеточного сока в процентах, переходящее в жидкий отход по весу сухих веществ клеточного сока свеклы.

Эти данные дают ориентировку и позволяют подойти к вопросу

¹⁾ Зув. „Энциклопедия“ т. 1 стр. 65.

о степени разрывов массы корня, подвергшейся замерзанию. Как известно, количество вскрытых клеток на свеклорезке при разрезании свеклы поддается учету и зависит от толщины стружки и системы ножа. Таким образом, при наличии определенных условий для того и другого в этом отношении возможно выявить количество вскрытых клеток за счет свеклы.

Путем сопоставления этой величины с полученными для мерзлой свеклы данными о сухих веществах, количество которых будет относительно выше—можно составить представление о количестве вскрытых в мерзлой свекле клеток, т. е. и о наличии разрывов.

Результаты опытов в отношении состава отхода представлены таблицей № 5.

Т а б л и ц а № 5

Серия опытов	Продолж. оптаивания в сек.	Давление в атм.		t мерзлой стружки кп	Внешние изменения стружки	Получено жид. отхода в % к весу стружки	Состав жид. отхода				Перешло сахара от веса сахара в свекл.	Перешло сухих веществ от веса сухих веществ норм. сока
							Сухих веществ в %	Сахара в %	Несахара в %	Доброкачественность		
VII	1	4,5		20	Неполное оттаивание	не стек.	—	—	—	—	—	—
	5	4,5		"	Полное оттаивание	17,9	7,3	—	—	—	—	5,2
	5	4,5		"	Полный прогрев	21,2	8,9	не оп. редел. ядсь		—	—	7,5
	20	4,5	3,7	"	Переопшариван.	23,4	2,5	9,5	—	—	—	8,9
VIII	5	2,5		10	Неполное оттаивание	11,7	Не определялось	8,3	—	—	5,0	—
	5	2,5		"	Полное оттаивание	16,9		8,0	—	—	6,6	—
	10	2,5	2,3	"	Полный прогрев	23,0		7,9	—	—	9,1	—
	20	2,5	2,0	"	Переопшариван.	22,5		7,9	—	—	8,8	—
IX	5	2,5		7	Полное оттаивание	17,7	7,9	6,6	1,3	84,9	5,6	5,6
	10	2,5	2,4	"	Полный прогрев	19,5	8,5	7,0	1,5	81,9	6,6	6,6
	20	2,5	2,3	"	Переопшариван.	24,0	8,5	6,9	1,6	81,3	8,1	8,0
	30	2,5	2,0	"	"	26,6	8,5	6,9	1,4	83,5	8,8	8,8

На основании произведенных опытов можно сделать следующие заключения:

1. С процессом ошпаривания стружки связано накопление в жидком отходе элементов клеточного сока свеклы.

2. Концентрация сухих веществ и состав жидкого отхода с развитием процесса ошпаривания после оттаивания мало меняются, оставаясь постоянными в пределах точности определений опытов.

3. Абсолютное содержание сухих веществ в жидком отходе может увеличиваться до тех пор, пока не прекратится процесс конденсации. Процесс извлечения элементов клеточного сока ограничен известным пределом; для данной свеклы может перейти не более 9% от веса сухих веществ (или сахара) клеточного сока.

Доброкачество жидкого отхода колеблется в пределах 81.9—84.9%, составляя в среднем 82.9%.

Как видно из цифровых данных, плотность жидкого отхода отвечает приблизительно 8—9° Бр.

Такая плотность отхода при относительно высокой доброкачественности говорит о том, куда этот добавочный продукт может быть направлен в схеме производства. Учитывая его характеристику и целесообразность загрузки им диффузии можно предположить, что он должен быть направлен на мерники. При этом есть основания полагать, что цифры в отношении количества жидкого отхода и его концентрации в нашей лабораторной обстановке несколько отличаются от тех, какие имели бы место на производстве. В условиях наших экспериментов значительную долю жидкого отхода составляет конденсат, получающийся от прогрева металлического прибора, не считая других причин, вызывающих конденсацию. Очевидно, при производственном осуществлении процесса эта добавочная конденсация может быть сведена до минимума, благодаря наличию определенных технических возможностей и масштаба производства (принцип непрерывности, изоляция аппаратуры и др.). В условиях настоящих опытов трудно установить количественную сторону конденсации и отделить ее от связанного с ней расплавления льда стружки,—но в отношении качества всего получающегося жидкого отхода можно высказать определенные положения.

Сравнивая данные доброкачественности жидких отходов с доброкачественностью нормального сока свеклы (таблица № 1), мы видим, что численно значения доброкачественности почти равны:

Среднее доброкачественности нормальн. сока . . .	83.0
Среднее доброкачественности жидк. отходов . . .	82.9

Есть основания предполагать, что сходство значений доброкачественности этих продуктов не является случайностью.

Результаты опытов показывают, что сухие вещества клеточного сока выделяются в жидкий отход только до тех пор, пока не прекратится конденсация. Поскольку период отделения ограничен всего 10—20 секундами,—трудно думать, чтобы в данном случае, наряду с процессами простого механического вымывания из открытых клеток, могли бы успеть развернуться одновременно и процессы диффузии из близлежащих целых клеток. Правильнее—состав и степень выделения связать только с механическим вымыванием. Это делает понятным и совпадение значений доброкачественности жид. отхода и численного значения доброкачественности нормального сока, т. е. жидкий отход есть ничто иное, как разбавленный нормальный сок.

Сопоставляя результаты анализов с положениями высказанными выше о связи количества вскрытых клеток от разрезания свеклы и от ее разрывов при промораживании, можно отметить следующее.

Если свежая стружка при ее толщине в 4 м/м имеет около 2,5% вскрытых разрыванием клеток ¹⁾, то в этом случае из таких клеток могло бы быть вымыто сахара не более 2,5% по весу сахара свеклы.

Хотя наша мороженая стружка имеет точно такую же толщину, однако, как мы видели, ошпариванием из нее вымываются около 8—9% сахара по весу сахара в стружке, то-есть в 3,2—3,6 раз более, чем следует ожидать по расчету для немороженной свеклы. Что и подтверждает наши предположения, высказанные ранее.

Дальнейшие опыты были направлены на выяснение изменений химического состава свеклы. Поскольку процесс оттаивания мерзлой стружки требует сравнительно небольшого промежутка времени, в 3—5 секунд, вопрос о химических изменениях как будто теряет свое значение, так как трудно было бы предполагать значительные изменения в химическом составе свеклы за столь короткий срок. Однако, ошпаривание нужно рассматривать, как такой процесс, технические оформления которого в условиях производства пока представляются еще недостаточно ясными.

В данном случае будет иметь существенное значение величины массы свекловичной стружки, которую придется прогревать паром. Если химические изменения под влиянием избыточного нагрева во внутренних слоях стружки мало вероятны, то их возможность во внешних, непосредственно подвергающихся прямому воздействию пара слоях все же допустима. Поэтому наряду с вопросом о физических и механических явлениях, связанных с ошпариванием,—должен быть поставлен и вопрос о возможных химических изменениях. В связи с тем, что в дальнейшем предстоит техническое оформление ошпаривания в производственных условиях,—рамки экспериментов, в особенности в отношении продолжительности ошпаривания, должны быть несколько расширены. Все возможные при ошпаривании химические изменения, очевидно, будут результатом воздействия температуры выходящего на воздух пара, т.-е. имеющего около 100° С. Влияние воздействия пара такой температуры на различные составные части как клеточного сока, так и свекловичной мякоти почти еще не затронуто. Обычное действие высокой температуры на различные вещества состава свеклы изучалось на растворах определенной концентрации либо в условиях близких к заводским, либо в определенной искусственно создаваемой обстановке. В наших опытах воздействие пара направлено непосредственно на весь сложный комплекс химико-биологических и морфологических элементов клеточной ткани в целом, при том промороженной в совершенно необычных для сахарного производства условиях. В этом главное отличие наших опытов.

В настоящей работе рассматриваются лишь некоторые из возможных изменений в отношении наиболее важных элементов состава свеклы, а именно: вопрос об изменениях сахара и азотистых веществ. Оценка степени изменений производилась путем исследования получившихся дигестионных соков. Так как нас интересовал конечный эффект дигестии не только в отношении сахара, но и несхаров, то дигерирование производилось без обработки свинцовым уксусом.

¹⁾ По подсчетам Herzfeld'a; Вогрызек.—Химия сах. промышл., стр. 206.

Несколькими предварительными опытами удалось убедиться, что дигерирование целой стружки при 85° С. протекает столь же полно, как и дигерирование специальной дигестионной кашки. Это дало возможность упростить методику, не подвергая добавочному измельчению стружку.

Были взяты соответствующие колбы, проградуированные на 1053.2 см.³, что при навеске в 136.5 гр. соответствовало нормальному разведению. Общие приемы дигерирования были таковы. После ошпаривания стружка вместе с жидким отходом количественно переводилась в дигестионную колбу, на ³/₄ заливалась водой и дигерировалась 60 минут на водяной бане. После охлаждения и доведения до метки дигестионный сок тотчас отделялся от стружки и исследовался. Первым был поставлен вопрос об изменениях прямой поляризации и доброкачественности дигестионного сока в зависимости от различной продолжительности ошпаривания стружки. Так как для каждой серии опытов изрезывалось не более 4—5 корней, то отдельные опыты могли отличаться по своим результатам даже при тождественности условий опыта. В связи с этим при каждой дегестии ошпаренной стружки параллельно дегерировалась неошпаренная. % сухих веществ сока устанавливался Eintauch-refraktometer¹⁾ом, согласно указаниям Stanek'a¹⁾ Дигестионный сок вначале рефрактометрируется, а затем после обработки свинцовым уксусом поляризуется. По таблицам по показанию рефрактометра находят % сухих веществ, а по поляризации—% сахара в 100 см.³ сока, откуда переходят к доброкачественности.

Результаты дигестии при температуре 85° С. и продолжительности дигерирования 60 минут представлены в нижеследующей таблице:

Таблица № 6

Серия опытов	t° мерзлой стружки	Свекловичная стружка	% сахара по дигестии	Содержание в 100 см. сока в %			Доброкачественность сока
				Сухих веществ	Сахара	Несахаров	
X	-24°	Неошпаренная . . .	19,2	3,00	2,50	0,50	83,3
	-24°	Ошпаренная 60 сек. .	19,0	3,00	2,47	0,53	82,3
XI	-27°	Неошпаренная . . .	19,3	3,05	2,51	0,49	82,3
	"	Ошпаренная 60 сек. .	19,5	3,00	2,53	0,47	84,5
	"	" 60 " . . .	19,6	3,00	2,55	0,45	85,0
XII	-4°	Неошпаренная . . .	18,7	2,85	2,43	0,42	85,3
	"	Ошпаренная 45 сек. .	18,8	2,93	2,46	0,47	84,0
	"	" 90 " . . .	19,1	2,96	2,52	0,44	85,1
XIII	--6°	Неошпаренная . . .	19,1	2,98	2,48	0,50	83,3
	"	Ошпаренная 30 сек. .	19,3	3,02	2,51	0,51	83,0
	"	" 45 " . . .	18,7	2,89	2,43	0,46	84,1

1) Zeitschr. f. Zuck. in B. 1911. S. 375.

По результатам опытов видно, что ошпаривание не вызывает заметных изменений в конечном результате дигестии ни в отношении % содержания сахара, ни в отношении доброкачественности соков. При опытах с умышленно удлиненным временем ошпаривания также не выявлено разрушения сахара.

Следующим вопросом был поставлен вопрос о влиянии ошпаривания в отношении перехода в дигестионные сока общего и белкового азота. Судя по опытам с ошпариванием немороженой свеклы¹⁾, от ошпаривания можно ожидать некоторого сокоочистительного эффекта для сокодобывания в смысле коагуляции белков. Ввиду того, что при выявлении этого факта требовалось исключить влияние температуры дигестии, действующей в том же направлении,—ошпаренная стружка после охлаждения дигерируется при 45°C., при которой, как принято считать, будет почти исключена всякая возможность свертывания белковых веществ. Предварительные опыты показали возможность дигерирования мерзлой свеклы при этой температуре. Представленная таблица освещает влияние ошпаривания на переход белкового и общего азота в сока.

Таблица № 7

Серия опытов	Свекловичная стружка	% сухих веществ в 100 см сока	% сахара по дигестии	Содержится в соке в % к сухим веществ. сока		Перешло в сок в % к весу его в стружке		Содержится азота в соке ошпаренной стружки в % по в. азота в неошпар.	
				Общего N	Белкового N	Общего N	Белкового N	Общего N	Белкового N
XIV	Неошпаренная	7,06	22,3	1,02	0,11	68,53	16,60	100	100
	Ошпаренная 45 сек.	7,05	22,7	0,99	0,99	66,53	13,57	97,07	81,93
XV	Неошпаренная	6,07	20,0	1,07	0,13	67,10	17,60	100	100
	Ошпаренная 5 сек.	6,10	20,2	—	0,09	—	15,39	—	87,4
	„ 45 „	6,18	20,7	1,02	0,09	64,71	15,12	96,42	85,9
	„ 90 „	6,36	20,6	0,99	0,09	64,95	15,18	96,79	86,04

Из цифровых данных этой таблицы видно, что ошпаривание уменьшает переход общего и белкового азота в дигестионные сока. Таким образом, с ошпариванием связан определенный сокоочистительный эффект.

В целях выяснения полноты дигерирования при низких температурах и выявления оптимальных условий в смысле возможности дигерирования при различных пониженных температурах был поставлен ряд опытов. Основанием для этого было предположение, что в клетках мороженой свеклы, благодаря длительному кагатированию в замо-

¹⁾ Зуев. Энциклопедия т. I стр. 307.

роженном состоянии, уже произошли столь глубокие изменения в плазме, что нагревание стружки становится излишним. Результаты опытов представлены в таблице. Дигерируется мерзлая неошпаренная стружка.

Т а б л и ц а № 8

Серия опытов	Температура дигестии °С	% сахара по дигестии	Содержание в 100 см. сока:			Доброта- чественность сока
			Сухих ве- ществ %	Сахара %	Несахаров %	
XVI	45	19,25	2,90	2,51	0,39	86,4
	55	19,25	2,90	2,51	0,39	86,4
	65	19,25	2,97	2,51	0,46	84,4
	75	19,55	3,04	2,55	0,49	83,7
	85	19,47	2,96	2,54	0,42	85,6

Таким образом, учитывая некоторую неоднородность отдельных опытов, можно утверждать, что температуры в 65°С, и даже в 45°С, являются вполне достаточными, для полного дигерирования мерзлой стружки. В связи с окончательно выявившейся возможностью дигерирования при 45° был особо поставлен ряд дигестий при этой температуре. В данном случае преследовалась особая цель—проследить, как отражается ошпаривание на конечном результате в отношении извлечения сахара.

Чтобы возможный эффект ошпаривания в этом отношении был выявлен рельефнее, рамки опытов в смысле продолжительности ошпаривания были еще более расширены.

Т а б л и ц а № 9

Серия опытов	Температура дигестии	Температура мерзлой стружки	Свекловичная стружка	% сахара по дигестии	Содержание в 100 см. сока:			Доброта- чествен- ность
					Сухих ве- ществ %	Сахара %	Несахаров %	
XVII	45°	—5°	Неошпаренная	18,5	2,76	2,40	0,36	87,0
			Ошпаренная 30 сек.	18,4	2,75	2,39	0,36	86,9
			" 45 "	18,0	2,69	2,33	0,36	86,6
			" 90 "	17,9	2,73	2,33	0,40	85,4
XVIII	45°	—5°	Неошпаренная	18,2	2,74	2,37	0,37	86,5
			Ошпаренная 45 сек.	17,9	2,68	2,33	0,35	87,0
XIX	45°	—5°	Неошпаренная	20,0	3,04	2,60	0,44	85,5
			Ошпаренная 5 сек.	20,2	3,05	2,63	0,41	86,0
			" 45 "	20,7	3,09	2,69	0,40	87,1
			" 90 "	20,6	3,18	2,68	0,50	84,3

Оценивая значение дигестии ошпаренной и неошпаренной стружки, мы видим, что ошпаривание заметным образом на конечном результате дигестии не отражается в пределах точности наших опытов. Суммируя выводы, полученные в результате всех опытов дигерирования мерзлой ошпаренной и неошпаренной стружки, приходим к следующему общему заключению. Мерзлая свекла является материалом благодаря продолжительному действию мороза уже настолько подготовленным к сокодобыванию, что необходимость нагревания с целью свертывания плазмы в значительной мере отпадает. Это положение в то же время открывает новые возможности в смысле применения необычно низких для процесса сокодобывания температур.

Как отражается замораживание, а с другой стороны ошпаривание свежей и немороженой стружки на процессе дигерирования—показывают несколько ориентировочных опытов, проделанных в этом направлении. Опыты заключались в выявлении развертывания процесса дигестии из мерзлой и немороженой свеклы ошпаренной и неошпаренной дигерированием при 45°C. При параллельных условиях дигерирования определялись скорости извлечения из ошпаренной и неошпаренной стружки путем последовательного взятия проб сока через каждые 10 минут. Для большей отчетливости выявления отдельных числовых значений, выражающих процесс извлечения, разведение дигестии было выше нормального, в частности варьируя так: 200 гр. стружки на 400, на 500 и на 700 гр. воды.

Т а б л и ц а № 10

Данные процесса дигестии мерзлой свеклы при 45° С													
Эффект извлечения в % к конечному содержанию сух. вещ. при ошпарив.													
Серия	Время в минутах												
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	
Условия дигестии													
XX	Стружки 200 гр. Воды 700 гр.	Неошпарен.	77	88	94	95	97	97	—	—	100	100	100
		Ошпарен.	79	86	94	95	95	100	100	—	—	100	—
XXI	Стружки 200 гр. Воды 500 гр.	Неошпарен.	72	85	92	93	97	99	99	99	99	99	—
		Ошпарен.	77	91	96	100	99	99	—	100	100	—	—
XXII	Стружки 200 гр. Воды 200 гр.	Неошпарен.	77	92	93	94	95	95	опыт	не	бн	чен	—
		Ошпарен.	81	94	95	100	100	100	—	—	—	—	—

Выполнение отдельных опытов велось так. Как ошпаренная, так и неошпаренная стружка перед дигестией приводилась к комнатной температуре, затем заливалась водой в 45°C. и ставилась на баню с той же температурой. Во всех случаях стружка ошпаривалась 45 сек. при 2,5 атм. давления. Для исследования из дигестионной жидкости

отбиралось 1-2 капли, что практически не влияло на объем. Исследование продолжалось до тех пор, пока несколько последовательных отчетов рефрактометра не совпадали. Согласно полученным рефрактометрическим показателям преломления, по таблицам находили % сухих веществ в растворе. Первыми были поставлены опыты с мерзлой свеклой, кагатирующей на наружном воздухе. Три приводимые ниже опыта отличались только разведением дигестии. Результаты опытов сведены в таблице № 10. За 100% эффекта извлечения принято конечное содержание сухих веществ в дигестионной жидкости для ошпаренной стружки. Таким образом, цифровые значения эффекта извлечения выражают % отношение содержания сухих веществ в каждый отдельный момент к конечному содержанию при дигестии ошпаренной стружки.

Цифровые данные таблицы нагляднее могут быть выражены кривыми, представленными на чертеже П. На оси ординат отложены значения эффекта извлечения. На оси абсцисс время. (См. кривые № 1, 2 и 3). Таблица и кривые показывают, что, как ошпаренная, так и неошпаренная стружка мерзлой свеклы почти не различаются по скорости извлечения сухих веществ. Процесс дигерирования развертывается весьма стремительно, заканчиваясь через 40-60 минут от начала, несмотря на необычно низкую температуру. Для выявления специфического значения длительного замораживания в динамике дигерирования—были поставлены опыты с немороженой свеклой. Условия ошпаривания и дигерирования были, как и в предыдущем случае. Серия XXIII таблицы № 11 показывает течение процесса извлечения сухих веществ свежей как ошпаренной, так и неошпаренной стружки; кривая № 4 (черт. II) изображает течение процесса.

Т а б л и ц а № 11

		Данные процесса дигестии свежей и кратковременно-замороженной струж.																
		Эффект извлечения в % к конечному содержанию сух. вещ. при ошпариван.																
Серия	Условия дигестии	Время в минутах																
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	140	150	190	410	
XXIII	200 гр.	Неошпар.	30	40	53	63	66	68	79	79	79	—	83	85	—	—	91	96
	700 гр.	Ошпарен.	48	54	80	85	90	93	99	99	100	—	100	—	—	—	—	—
XXIV	Стружки Воды	Неошпар.	35	52	68	—	82	86	87	—	91	94	96	97	97	97	—	—
		Ошпарен.	53	73	83	90	94	95	99	100	100	100	—	—	—	—	—	—

Опыты серии XXIII выявили следующее:

Дигерирование неошпаренной стружки немороженой свеклы при 45°C. затруднительно; оно крайне слабо проявляется, очень медленно развивается и по истечении 8 часов не заканчивается вполне. Ошпаривание ускоряет темп извлечения; дигерирование развивается, хотя и медленно в сравнении с мерзлой свеклой, однако все же может быть доведено до конца, требуя для окончания ок. 1 1/2 часов. Для того

чтобы выяснить, как отражается замораживание и непродолжительное хранение на морозе на процессе дигерирования,—оставшиеся от предыдущих опытов половины корней были заморожены и сохранялись при -5°C . Стружка, полученная из этой, совершенно промерзшей свеклы, по внешнему виду скорее напоминала немороженную стружку, нежели мерзлую; в ней не было заметно ни разрывов, ни отчетливого выделения льда. Дигерирование этой стружки представлено серией XXIV предыдущей таблицы и показано кривой № 5. Из полученных данных видно, что кратковременно промороженная свекла по темпу процесса дигерирования занимает некоторое среднее положение между немороженной и кагатированной на наружном воздухе. Замораживание свеклы сглаживает разницу в темпе дигерирования ошпаренной и неошпаренной стружки.

ВЫВОДЫ:

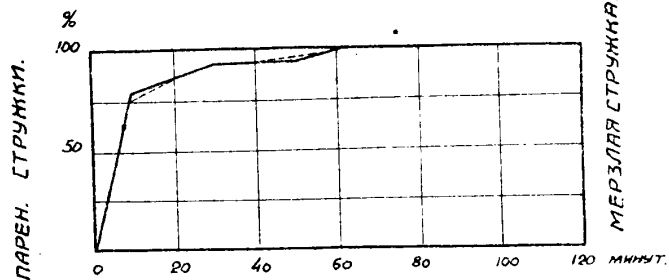
В итоге всех сделанных наблюдений и опытов по вопросу о возможности оттаивания мерзлой стружки паром можно сделать следующие выводы:

1. Полное оттаивание мерзлой стружки при ошпаривании паром низкого давления является кратковременным процессом, выражающимся несколькими секундами.
2. Внешние свойства стружки, ее упругость и вид при ошпаривании заметно не изменяются до момента ее полного прогрева.
3. При ошпаривании, абсолютный вес стружки уменьшается за счет жидкого отхода, получающегося около 10% по весу стружки. Отделение отхода прекращается с моментом прогрева стружки.
4. Отход представляет из себя жидкость желтоватого цвета, не темнеющую, с концентрацией около 8°Br . По своей природе жидкий отход является содержимым вскрытых клеток; его доброкачественность соответствует доброкачественности нормального сока.
5. В жидкий отход переходит до 8—9% сахара от веса сахара свеклы.
6. Влияния ошпаривания на качество дигестионных соков в смысле разрушения сахара—не выявляется. Количество белкового и общего азота, переходящего в дигестионные соки, в случае ошпаренной стружки менее, нежели в случае неошпаренной.
7. Ошпаривание, изменяющее динамику дигерирования свежей свеклы, на мерзлую, кагатированную в сибирских условиях свеклу влияния не оказывает.

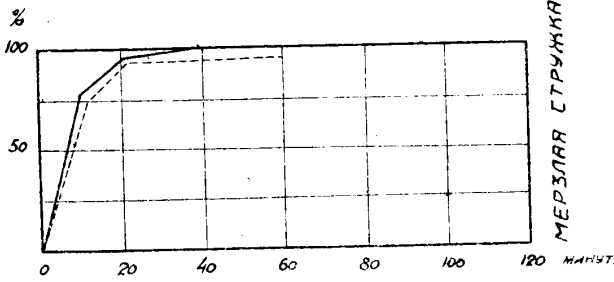
Г. Томск.
Лаборатория Технологии
Питательных Веществ.
Сибирский Технологический Институт

Динамика процесса дигорирования при 45°С.
 МЕРЗЛОЙ И НЕ МОРОЖЕННОЙ СТРУЖКИ
 КАК ОШПАРЕННОЙ ТАК И НЕ ОШПАРЕННОЙ

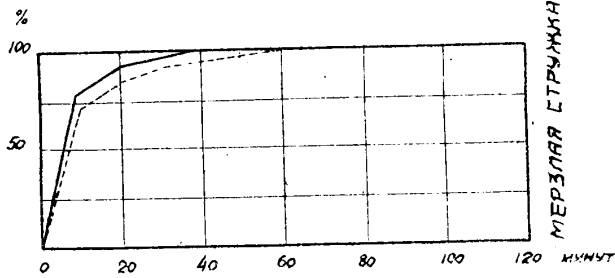
Кривая №1.



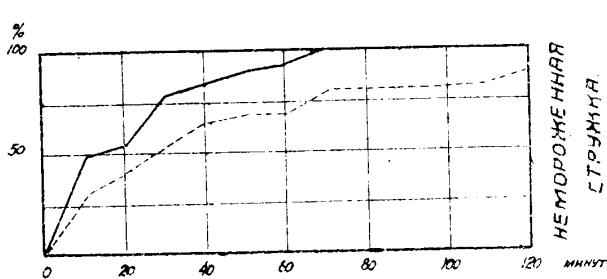
Кривая №2.



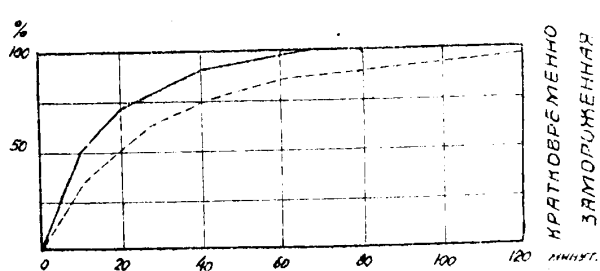
Кривая №3.



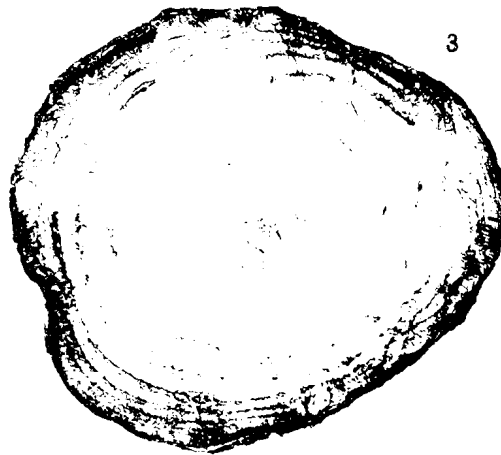
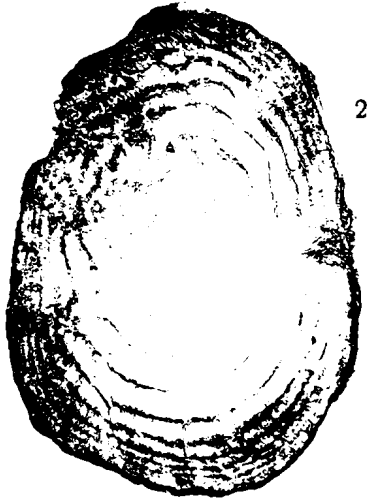
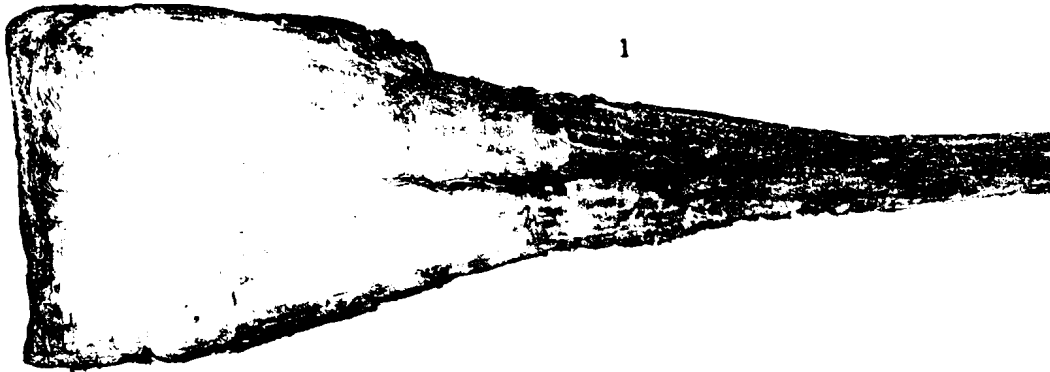
Кривая №4.



Кривая №5.



— ОШПАРЕННАЯ СТРУЖКА.
 - - - НЕОШПАРЕННАЯ СТРУЖКА

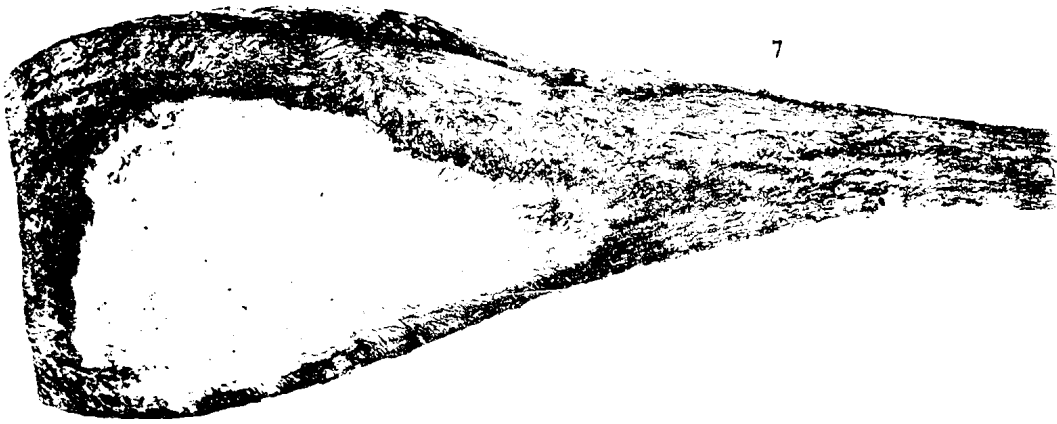




5



6



7



8



9