

### 3.3. Хранение и переработка растительного технического сырья

3.3.1. Технология хранения корнеплодов сахарной свеклы

3.3.2. Технология производства сахара-песка

3.3.3. Технология получения льнотресты

3.3.4. Хранение и переработка льнотресты

#### 3.3.1. Технология хранения корнеплодов сахарной свеклы

Сразу после уборки корнеплоды сахарной свеклы желательно отправить на завод. При невозможности отправления корнеплодов сахарной свеклы одновременно с уборкой, организуют кратковременное хранение в полевых кагатах. Их устраивают возле дорог на ровных с небольшим уклоном участках. Примерные размеры полевых кагатов следующие: ширина основания – 6 м, высота – 1,5...1,75, ширина верхней площадки – 2,5...3, длина – не менее 10 м. Кагаты, при необходимости, укрывают землёй, соломой или синтетическими материалами (рис. 53).

Корнеплоды, поступившие на приёмные пункты сахарных заводов, хранят в крупных кагатах. Свёкла в крупных кагатах укладывается с помощью мобильных свеклоукладчиков. В поступающей с полей свекле кроме земли содержится много травы, ботвы и свекловичного боя. Свеклоукладчики с установленными на них серийными очистителями отделяют до 15% примесей, остальные примеси попадают в кагат и заполняют межкорнеплодное пространство, препятствуя свободному прохождению воздуха.



Рис. 53. Полевой кагат

Для длительного хранения свеклу укладывают в кагаты (рис. 54) с примерными размерами: высота – 4...6 м, ширина основания – 18...25, ширина верхней площадки – 6...8 м. Свёклу кратковременного срока хранения укладывают в кагаты меньших размеров: ширина у основания – 12...16, высота – 2...3 м. При укладке свеклы с общей загрязнённостью более 15% размеры кагатов уменьшают на 10...20 %. Чем больше загрязнённость, тем меньше размеры формируемых кагатов.



Рис. 54. Крупногабаритные кагаты на сахарном комбинате

Перед укладкой свеклы подкагатные площадки поливают водой и для дезинфекции обрабатывают известковым молоком плотностью  $1,03...1,05 \text{ г/см}^3$  с нормой расхода  $5 \text{ л/м}^2$  или обрабатывают известью-пушонкой из расчёта  $200 \text{ г/м}^2$ . Для уменьшения интенсивности прорастания корнеплодов свеклу перед укладкой обрабатывают 1%-ным водным раствором гидрозида малеиновой кислоты в количестве  $3...4 \text{ л/т}$ . Поверхность сформированных кагатов обрабатывают известко-

вым молоком плотностью  $1,03...1,05 \text{ г/см}^3$  для образования устойчивого белого покрова, что способствует отражению солнечных лучей и снижению интенсивности увядания корнеплодов.

Оптимальная температура в кагатах должна находиться в пределах  $1...3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Температуру регулируют проветриванием кагатов ночью, активным вентилярованием или укрытием теплоизоляционным материалом. Оптимальная относительная влажность воздуха в кагатах должна находиться в пределах  $90...95 \%$ . Для регулирования влажности воздуха может применяться вентиляция или орошение боковых поверхностей кагатов водой.

При хранении в корнеплодах сахарной свеклы проходят сложные физиологические и биохимические процессы. Для поддержания жизнедеятельности расходуется сахароза. При хранении происходят процессы гидролитического распада и наблюдаются естественные изменения в химическом составе корнеплодов. Увеличивается содержание трисахаридов (раффиноза, кестоза). В результате гидролиза белков в свекловичном соке появляются пептиды и аминокислоты. Происходит дезаминирование аминокислот и амидов с образованием аммонийных солей. В небольших количествах в раствор переходят пектиновые вещества и гемицеллюлозы. Общее содержание минеральных веществ в корнеплодах при хранении почти не изменяется, но доля растворимой золы в соке увеличивается. Всё это приводит к ухудшению технологических качеств свеклы, снижению содержания сахарозы и накоплению несахаров.

Гидролитический распад сахарозы в корнеплодах свеклы при хранении обусловлен необходимостью расходования образующихся при гидролизе моносахаридов при дыхании и прорастании. Если дыхание является обязательным физиологическим процессом, то прорастание можно исключить или резко ограничить.

*Дыхание.* При хранении неповреждённых, с правильно обрезанной головкой корнеплодов в оптимальных условиях величина потерь сахарозы на дыхание незначительна. Однако в сутки за счет дыхания теряется  $0,012 \%$  сахарозы. При хранении механически повреждённых корнеплодов с большим количеством земли, ботвы и других примесей интенсивность дыхания резко возрастает и потери сахара увеличиваются.

На интенсивность дыхания корнеплодов сахарной свеклы влияет температура, относительная влажность и газовый состав окружающей среды, размер корнеплодов и удельная площадь их поверхности, степень спелости, физическое состояние корнеплодов, наличие повреждений, загрязнённость, химический состав корнеплодов, высота среза головки, срок хранения и другие факторы.

*Увядание.* При хранении корнеплодов в кагатах без укрытия, особенно в тёплое время

года, происходят значительные потери влаги. Из-за высокого водного дефицита нарушается стабильное состояние ферментов в корнеплодах и активизируется их деятельность, что вызывает усиление дыхания и увеличивает потери сахаров.

При интенсивном увядании корнеплодов потеря каждого процента влаги может привести к увеличению потерь сахарозы на 0,005...0,01 % к массе свеклы. При увеличении степени увядания корнеплодов снижается чистота свекловичного сока. Увядание приводит к снижению упругости, изменяются и другие физические и химические показатели.

*Прорастание.* Особенно склонны к прорастанию корнеплоды, убранные комбайнами без доочистки. В верхней части кагата корнеплоды прорастают в два раза быстрее. Интенсивнее прорастают корнеплоды в неventилируемых кагатах, и в первую очередь те, у которых осталась верхушечная почка. Корнеплоды с необрезанной головкой хранятся лучше, поэтому при длительном хранении целесообразно удалять только верхушечную почку, не трогая головку. Недоспелая свекла прорастает быстрее, чем спелая. Скорость прорастания зависит от сорта и спелости, степени обрезки головок, но главным фактором является температура.

*Суберинизация* – это способность корнеплодов образовывать на месте механических повреждений новую ткань – раневую перидерму, препятствующую проникновению в корнеплод инфекции. Интенсивность образования перидермы зависит от характера повреждения корнеплодов, их физического состояния, сорта, температурно-влажностного режима. На подвялленных корнеплодах раневая перидерма образуется значительно медленнее. Активное вентилирование кагатов способствует ускорению образования раневой перидермы.

*Подмораживание.* Подмороженные корнеплоды не пригодны для длительного хранения, так как при оттаивании они быстро загнивают, их трудно перерабатывать. Наиболее часто подмораживаются выкопанные корнеплоды, оставшиеся на поле без укрытия.

*Развитие микроорганизмов.* При оптимальных условиях хранения спелые и неповреждённые корнеплоды хорошо сопротивляются развитию микроорганизмов. Микроорганизмы развиваются в первую очередь на отмерших клетках, механически повреждённых, подмороженных и увядающих участках корнеплодов, а затем начинают поражать живые клетки. Загнивание корнеплодов в кагатах является одной из главных причин потери массы и снижения выхода сахара.

Болезни, вызываемые грибами, чаще наблюдаются осенью. Этому благоприятствует высокая влажность воздуха при недостаточно высокой температуре. Один из наиболее активных и распространенных возбудителей кагатной гнили при хранении свеклы – гриб *Phoma betae* Frank. Бактериальная микрофлора наиболее активно развивается весной, когда сопротивляемость свеклы после длительного хранения ослабевает.

Загрязнённость свеклы землёй и растительными остатками резко ухудшает условия хранения. В кагате снижается пористость, создаются благоприятные условия для развития микроорганизмов, что может привести к развитию самосогревания и гниения.

Большое количество примесей не только ухудшает условия хранения, но и снижает качество получаемого диффузионного сока.

### 3.3.2. Технология производства сахара-песка

**Химический состав корнеплодов** зависит от сорта свеклы, условий выращивания, способа уборки, условий хранения. Содержание сухих веществ в корнеплоде сахарной свеклы колеблется в пределах 20...25%. Главной составной частью сухих веществ является сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ). Она составляет 66...72 % от массы сухих веществ, или 15...20 % от массы корнеплода. Практически вся сахароза и некоторая часть несахаров растворены в свекловичном соке. В различных частях корнеплода содержится неодинаковое количество сахара (рис. 55). В вертикальном направлении максимальное содержание сахара отмечено в средней части корнеплода. В горизонтальном направлении наименьшее количество сахара находится в центре корня и частях, прилегающих к покровным тканям.

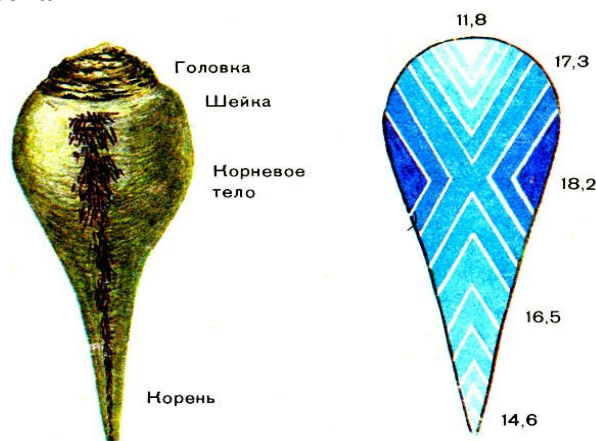


Рис. 55. Содержание сахарозы в корнеплодах сахарной свеклы, %

Несахара представлены растворимыми (2,5 %) и нерастворимыми (5 %) веществами. Растворимые несахара включают азотистые органические вещества (1,5 %): белки, аминокислоты, амиды и соли аммония; безазотистые органические вещества (0,7...0,9 %): инвертный сахар, органические кислоты, сапонин, жир и липиды, раффинозу и др.; минеральные вещества (0,5 %):  $K_2O$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $Na_2O$ , фосфаты, сульфаты, силикаты, хлориды и др.

Повышенное содержание в соке фруктозы и глюкозы (инвертный сахар) затрудняет кристаллизацию сахарозы и обуславливает её потери с патокой.

Нерастворимые вещества образуют мякоть свёклы и представлены целлюлозой, гемицеллюлозой, протеином, белком, лигнином, золой и сапонином. При переработке корнеплодов нерастворимую обессахаренную свекловичную массу в виде жома используют на корм скоту.

Растворимые несахара при очистке диффузионного сока и на последующих операциях удаляются только частично. Они затрудняют проведение технологических процессов и способствуют увеличению потерь сахарозы с мелассой.

В последние годы в связи с увеличением количества вносимых в почву минеральных удобрений, механизацией производства без ручной доочистки корнеплодов химический состав и технологические качества сахарной свеклы ухудшились. В свекловичном соке увеличилось количество редуцирующих и растворимых азотистых веществ, зольных элементов, снизилась концентрация калия, натрия и фосфора, уменьшилась чистота сока. В результате натуральная щёлочность сока, равная примерно 0,02...0,025 %  $CaO$ , в некоторых районах стала достигать отрицательных значений.

Корнеплоды должны быть правильной грушевидной формы с гладкой поверхностью, без разветвлений. Мякоть корнеплода должна быть белая, структура мякоти – однородная. Масса корнеплода – 0,6...1 кг. Сок хороших корнеплодов обычно имеет плотность 1,06...1,07. Очень богатые сахаром корнеплоды дают сок плотностью 1,07...1,08, что обеспечивает 14 % -ный выход белого сахара.

Самый важный показатель качества сахарной свеклы – базисная сахаристость. Её определяют как среднее арифметическое при приёме за предыдущие пять лет по данному сахарозаводу. Качество клеточного сока сахарной свеклы характеризуется доброкачественностью. Под доброкачественностью сока понимают содержание в соке сахарозы, отнесённое к общему содержанию сухих веществ, выраженное в процентах. Доброкачественность должна быть в пределах 80...90 %. Чем больше несахаров содержится в соке, тем ниже его доброкачественность.

**Производство сахара из свеклы** является сложным физико-химическим процессом. Сахарозу извлекают из клеток диффузией, после чего применяют химические и теплофизические воздействия для отделения сахара от несахаров и превращение его в чистый кристаллический продукт (рис. 56).

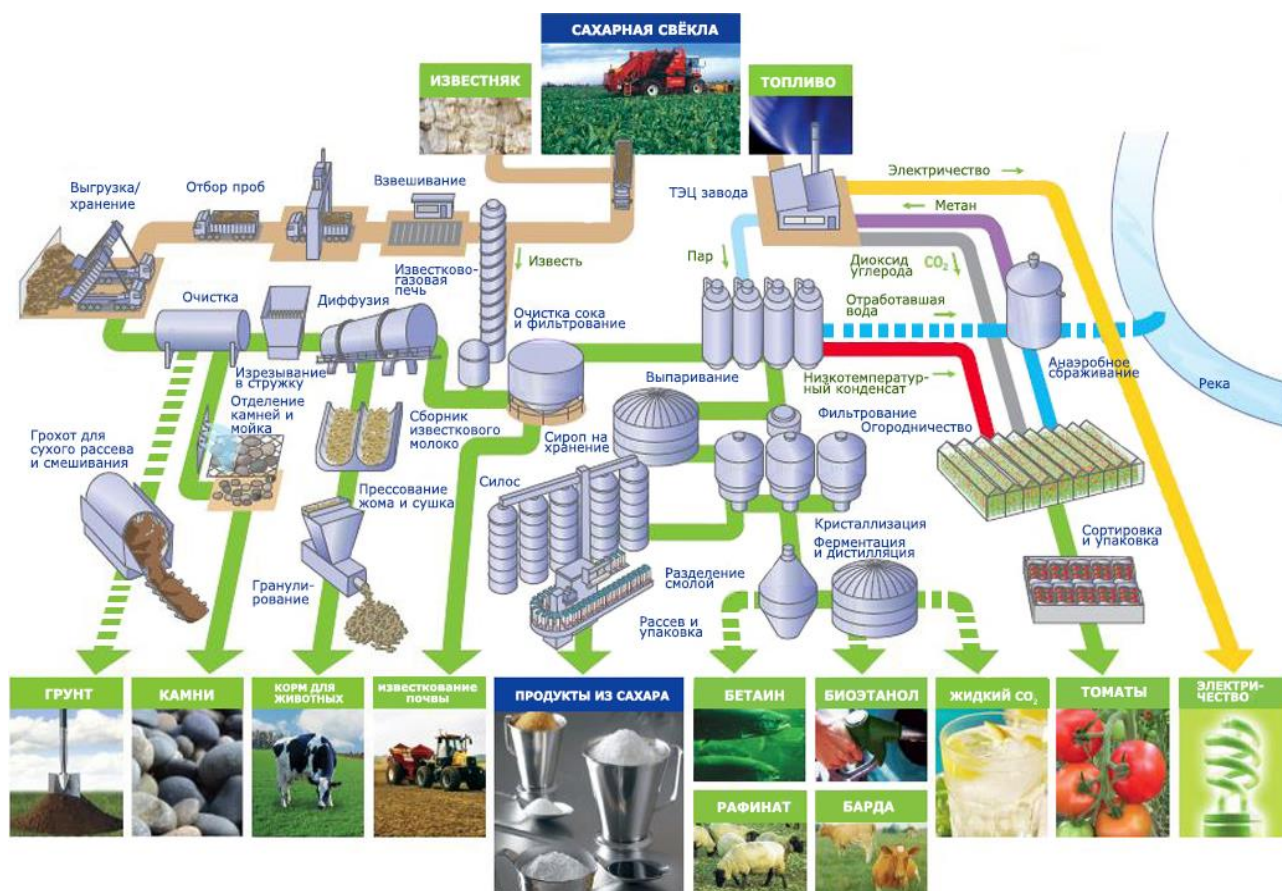


Рис. 56. Технологическая схема работы сахарного завода

**Подача в производство.** С кагатного поля сахарная свекла через сеть гидротранспортёров подаётся на переработку. Гидротранспортёры устанавливаются с уклоном от кагатного поля к заводу. При подаче свеклы по гидротранспортёрам происходит частичная мойка корнеплодов, в устроенных ловушках отделяется большая часть примесей (песка, камней, ботвы).

**Очистка и мойка.** Окончательное отмывание корнеплодов свеклы происходит в свекломоечных машинах и струйным отмывом. Для уменьшения вымывания сахарозы из свеклы её транспортируют и отмывают водой температурой не выше 18 °С.

**Взвешивание** производится на автоматических порционных весах, затем свеклу выгружают в бункер-накопитель.

**Измельчение.** Из бункера корнеплоды самотёком поступают на измельчение в свекло-резки (центробежные, дисковые или барабанные), где измельчаются в стружку.

**Диффузия (получение сока)** – процесс извлечения сахарозы из клеток свекловичной ткани посредством вымывания её горячей водой (осуществляется в непрерывно действующих диффузионных установках). Наиболее эффективно процесс диффузии происходит при быстром нагревании стружки и поддержании температуры 72...75 °С, при слабокислой реакции среды (рН 5,5...6).

**Очистка диффузионного сока.** Сок содержит сахарозу и несахара (растворимые белки, пектиновые вещества, редуцирующие сахара, аминокислоты, соли органических и неорганических кислот и др.). Очистка сока включает следующие операции:

**Дефекация** – обработка сока известью. Сок, подогретый до температуры 85...90 °С, дважды обрабатывается известковым молоком (предварительная дефекация и основная). В

процессе дефекации, кроме коагуляции веществ коллоидной дисперсности, происходит также нейтрализация и осаждение кальциевых солей некоторых кислот.

*Сатурация* проводится в два приема: сначала первая, а после отделения осадка – вторая. Основная цель сатурации – вызвать выпадение извести в осадок в виде  $\text{CaCO}_3$  путем насыщения сока диоксидом углерода. Сок после сатурации становится более светлым и прозрачным. После каждой сатурации сок подогревают и направляют на фильтрацию.

*Сульфитацией* называют обработку сахарных растворов диоксидом серы, в результате чего образуется сернистая кислота, которая является хорошим антисептиком и восстановителем. Она обесцвечивает сок. Сульфитация проводится в аппаратах-сульфитаторах, где поступающий сок смешивается с газом.

*Сгущение сока (выпаривание)*. Сок после сульфитации представляет собой ненасыщенный раствор сахарозы и оставшихся в нем несхаров. При сгущении до пересыщения сахароза начинает осаждаться в виде кристаллов. Сгущение очищенного сока проводят в два этапа: сначала выпаривают воду в выпарной установке до состояния, близкого к насыщению (содержание сухих веществ в сиропе 65...70%), а затем – в вакуум-аппаратах до пересыщения (содержание СВ 92...93%) с последующей массовой кристаллизацией.

*Кристаллизация*. Выделение сахарозы из раствора производится в две-три ступени. На первой ступени уваривания получают первый утфель – густую вязкую массу, состоящую из кристаллов сахара и жидкости. Кристаллы отделяют на центрифугах, а межкристальный раствор (зеленую патоку) вновь сгущают на второй ступени до пересыщения (второй утфель) и выкристаллизовывают остальную сахарозу (желтый сахар).

На кристаллах сахара после центрифугирования остается прилипший слой межкристального раствора, придающий сахару желтоватый оттенок. Для его удаления кристаллы сахара пробеливают горячей водой. При этом часть кристаллов растворяется и образуется второй оттек (белая патока), который направляют в вакуум-аппараты в конце уваривания первого утфеля.

Полученный после кристаллизации сахар-песок высушивают горячим воздухом в сушильной установке до содержания влаги не более 0,15%, упаковывают в мешки массой по 50 кг и отправляют на склад.

Эффективность работы завода характеризуется коэффициентом извлечения сахара, который показывает процентное отношение массы сахарозы в сахаре-песке к сахарозе в перерабатываемой свекле. Он составляет около 80 %.

### 3.3.3. Технология получения льнотресты

Основной технической культурой для получения прядомого волокна в республике является лён. Из стеблей льна получают волокно и костру, из семян – масло и жмых.

Лён-долгунец имеет тонкий, цилиндрический, прямой, гладкий, покрытый восковым налётом стебель. Стебель ветвится только в верхней части. Различают общую длину стебля и техническую. Под общей длиной принимают расстояние от места прикрепления семядольных листочков до места крепления самой верхней коробочки. Техническая длина стебля – это расстояние от места прикрепления семядольных листочков до начала разветвления соцветия. Наибольший выход длинного волокна дают стебли с технической длиной не менее 70 см и толщиной 1,1...1,5 мм.

Важным признаком, характеризующим качество будущего волокна, является цвет стеблей льна. Он зависит от степени зрелости, условий выращивания, погоды в период уборки и вылежки, степени поражённости грибными заболеваниями. Если лён убран преждевременно, то прочность волокна низкая и выход длинного волокна снижается. При слишком поздней уборке (перестое) волокно древеснеет. Уборку посевов льна для получения волокна, проводят в фазе ранней желтой спелости в течение 10...12 дней. Нормальные по качеству стебли льна имеют светло-жёлтый или зеленовато-жёлтый цвет. Буро-тёмная и пёстрая окраска характерны для стеблей, несвоевременно убранных, длительно хранившихся в поле во время дождливой погоды и поражённых грибными заболеваниями. Зелёная окраска стеблей

свидетельствует о слишком ранней уборке.

Снаружи стебель льна покрыт защитной тканью – эпидермисом (рис. 57). Наружный слой эпидермиса (кутикула) покрыт воскообразным налётом, который непроницаем для воды и газов.

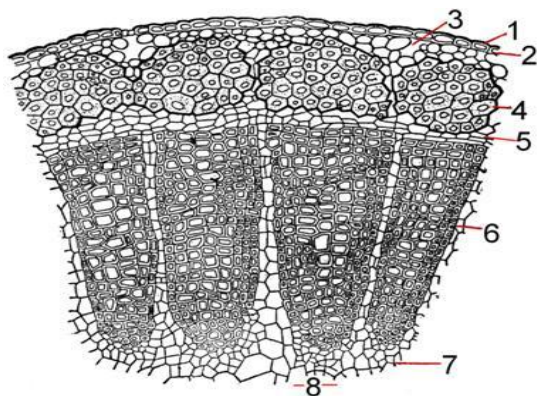


Рис. 57. Поперечный разрез стебля льна:  
1 – кутикула; 2 – кожица; 3 – кора;  
4 – пучки волокон; 5 – камбий;  
6 – древесина; 7 – сердцевина;  
8 – полость

Под эпидермисом располагается паренхима (кора), состоящая из тонкостенных клеток. В коре стебля располагается волокно в виде волокнистых или лубяных пучков. В каждый пучок входят 10...40 элементарных волоконцев – удлинённых (20...120 мкм) клеток, склеенных пектином. Структура элементарных волокон, их связь между собой и характер соединения в пучки определяет технологические свойства будущего волокна.

Лубяные пучки располагаются по периферии стебля от основания до вершины и образуют кольцо, состоящее из 20...40 пучков, не склеенных друг с другом. Выделенные из стебля льна лубяные пучки называют техническим волокном. Оно бывает длинным и коротким. Элементарные волоконца с меньшим диаметром, большей длины и большим количеством их в пучке обуславливают более тонкое волокно высокого качества.

Элементарные волоконца в пучке и пучки с окружающими их тканями склеиваются пектином, который отличается по своим свойствам от пектиновых веществ, склеивающих пучки с клетками коры. Это позволяет при правильной обработке ослабить связь между волокнистыми пучками и окружающими их тканями без разрушения пектина внутри пучков. Даже частичное разрушение лубяных пучков резко снижает выход длинного волокна, снижается его прочность и другие свойства. Главная составная часть волокон – целлюлоза, которая придаёт прочность, гибкость и эластичность, носкость, гигроскопичность, мягкость и блеск.

За паренхимой к центру стебля располагается слой камбия, а за камбием – древесина. В центральной части стебля имеется ещё одна ткань, называемая сердцевинной. К моменту созревания она разрушается и внутри стебля образуется полость.

**Способы производства тресты.** Первичная обработка льна-долгунца – это совокупность процессов и операций, целью которых является выделение волокон из его стеблей. Для выделения волокна вначале необходимо получить тресту, приготовление которой основано на биологической, химической или физической обработке льняной соломы с целью нарушения в ней связи между лубяными пучками и древесиной.

**Химический способ** получения тресты осуществляется путём воздействия на льносолому химическими реагентами. Солома проходит через ряд ванн, заполненных водой, растворами кальцинированной соды, кислоты и т.п. Между ваннами размещаются прессы.

**Физический способ** основан на пропаривании льносоломы при температуре 140 °С под давлением. Целлюлоза при этом почти не разрушается, а пектиновые вещества вымываются.

Наиболее распространённым является **биологический способ (тепловая мочка или растил)**. Биологический способ приготовления тресты основан на воздействии на солому микроорганизмов (аэробных бактерий и грибов), которые своими ферментами разлагают пектиновые вещества и освобождают волокно от окружающих их тканей.

**Тепловая мочка.** При тепловой мочке ведущая роль в разложении пектиновых веществ принадлежит бактериям пектинового брожения, которые лучше развиваются в воде. Выделяемые ими ферменты гидролизуют склеивающие вещества, связь между волокнистыми

пучками и окружающими тканями ослабевает, волокно легко отделяется от древесины.

*Росная мочка (расстил).* В настоящее время это основной способ получения тресты. Основной технологии является комбайновая уборка с расстилом соломы для вылежки (рис. 58).



Рис. 58. Уборка (теребление) льна с очесыванием семенных коробочек и расстилом соломы в ленты

Лучшее время расстила соломы – первая половина августа. В это время создаются оптимальные условия для вылежки. Среднесуточная температура находится в пределах 15...18 °С. Оптимальные температурные условия способствуют более быстрой и равномерной вылежке тресты. При расстиле в это время положительное влияние на разрушение пигментов оказывают солнечные лучи, что способствует отбеливанию стеблей.

Льняная солома должна иметь влажность в пределах 50...60 %. На сухой соломе споры пектиноразлагающих грибов прорастают плохо, замедляется процесс вылежки. Поэтому вторым важным условием получения качественной тресты является наличие влаги. Обильные росы и осадки способствуют быстрой и качественной вылежке соломы.

В зависимости от погодных условий ленты льна необходимо два-три раза оборачивать. При этом удаляется излишняя влага, стебли лучше аэрируются и приобретают более выровненный цвет. Продолжительность вылежки стеблей льна зависит от сроков расстила, погодных-климатических условий и составляет 15...25 дней.

Время подъема тресты устанавливают путём взятия пробных снопов и определения отделяемости волокна. При ранних сроках подъема тресты (недолёжке) волокно бывает грубым и закорстенным. Оно плохо отделяется с верхней части стебля, имеет желтоватый цвет. При перелёжке треста имеет тёмно-грязноватый оттенок, множество торчащих волокон, волокно становится слабым. Для подъема льнотресты применяется рулонная технология. Она позволяет механизировать уборку и сократить сроки подъема.

В зависимости от способа приготовления льнотресты различают волокно стланцевое (росная мочка), моченцовое (водяная мочка), котоновое (химический способ), паренцовое (физический способ). Лучшим является стланцевое волокно, так как под действием солнечных лучей при лежке в поле оно отбеливается.

### 3.3.4. Хранение и переработка льнотресты.

Готовая льнотреста с поля поступает на льнозавод для получения льноволокна (рис. 59). При необходимости хранения тресты (если ее сразу не перерабатывают) ее влажность не должна превышать 19 %. Если влажность сырья выше, его следует подсушить в естественных условиях в поле или в сушилках. Наиболее эффективным местом хранения льносырья являются навесы (шохи).



Рис. 59. Поступление льнотресты на льнозавод

Подаваемая в производство треста при необходимости досушивается. Цель обработки тресты – отделение волокна от остальных частей

стебля. Поточная линия производства длинного волокна (рис. 60) включает машину формирования слоя и мяльно-трепальный агрегат. Рабочими органами мяльных машин являются рифлёные вальцы, расположенные парами. При проходе через них древесина стебля изламывается на мелкие частицы, а волокно сохраняется. Однако даже при прохождении тресты через многочисленные пары вальцов волокно не полностью отделяется от всех частей стебля. Полученное волокно называют сырцом, отходы стебля – кострой.



а



б

в



г

д

Рис. 60. Линия по производству длинного волокна: а – общий вид; б – загрузка рулонов на линию; в – формирование слоя; г – мяльная машина; д – длинное волокно

Дальнейшую обработку сырца (трепание) проводят на специальных трепальных машинах. Цель данной операции – очистить волокно-сырец от оставшейся костры и других неволокнистых частей стебля. Трепание осуществляется в результате ударно-скоблящего воздействия специальных бил. После трепания волокна-сырца получают длинное трёпаное волокно. Отходы трепания (спутанные стебли, низкосортная треста) используются для производства короткого волокна. Поточная линия выработки короткого волокна включает трясильную машину и куделеприготовительный агрегат.