

Анализ способов хранения сахарной свёклы в условиях Центрально-Чернозёмного региона

Л.Н. ПУТИЛИНА, канд. с/х. наук (e-mail: lputilina@bk.ru)

Р.А. ШРАМКО, технолог сахарной промышленности (e-mail: ra.shramko@yandex.ru)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свёклы и сахара имени А.Л. Мазлумова»

Введение

В настоящее время отсутствует единый подход к хранению сахарной свёклы, а вопросы сохранности сырья недостаточно изучены, регламентированы и формализованы.

Для большинства руководителей вертикально интегрированных компаний и сахарных заводов проблема хранения сырья находится в «серой зоне» внимания, в то время как значение сырьевой базы для эффективного производства переоценить сложно. Период массовой копki сахарной свёклы в Центрально-Чернозёмном регионе длится 40–50 дней, а расчётная продолжительность сезона переработки, которая позволяет заводу работать с прибылью, составляет не менее 110 дней [1]. Зачастую именно сырьевая база является источником проблем при возврате инвестиций, совершённых в основное производство. Сырья или банально не хватает, или не получается его сохранить.

В данной статье рассматриваются вопросы алгоритмизации сырьевых потоков, причины потерь свекломассы и сахарозы, а также способы повышения сохранности сырья.

Способы хранения сахарной свёклы

В России применяются четыре способа хранения сахарной свёклы, которые можно классифици-

ровать по степени технологической сложности (см. табл.).

Чтобы добиться максимальной сохранности сырья и компенсировать погодно-климатические риски, сопровождающие свекло-сахарное производство, рекомендуется сочетать все четыре способа. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

Простые способы хранения, с одной стороны, наиболее доступны, с другой – могут привести к потере сырья при наступлении распутицы и заморозков.

Хранение в оперативных кагатах на призаводских свеклопунктах более затратное, но позволяет сформировать краткосрочный резерв (от одной до трёх недель) [2]. Благодаря резерву достигается непрерывность работы завода в условиях интенсивных осадков, когда подвоз сырья из-за распутицы уменьшается или невозможен.

Являясь наиболее затратным, способ ДХС позволяет принимать сырьё в период массовой копki (40–50 дней) с последующим хранением до завершения сезона

переработки. При этом увеличивается продолжительность сезона переработки, достигается уменьшение процентной доли постоянных затрат завода и снижение себестоимости сахара [1].

Применение всех перечисленных способов должно быть сбалансировано исходя из конкретных условий каждого завода. Проанализировав работу нескольких сахарных заводов производительностью 3 и 6 тыс. т в сутки, были подготовлены рекомендации по потокам сырья в корреляции со способами хранения. Данные потоки составлены для предприятий, расположенных в Центрально-Чернозёмном регионе, с продолжительностью сезона переработки 90, 110 и 130 суток, где 100 % – весь объём сезонной сырьевой базы сахарного завода. Из диаграмм, представленных на рис. 1, следует, что с увеличением продолжительности сезона переработки необходимо увеличивать долю сырья, хранящегося с применением технологии ДХС с 11 до 39 % от объёма сырьевой базы.

Классификация способов хранения сахарной свёклы

Способ	Вид хранения
Простой	1. На полях выращивания непосредственно в почве
	2. На полях выращивания в полевых кагатах
Средней сложности	3. В оперативных кагатах на призаводском свеклопункте
Сложный	4. Вентилируемое, или длительное, хранение сырья (далее – ДХС)

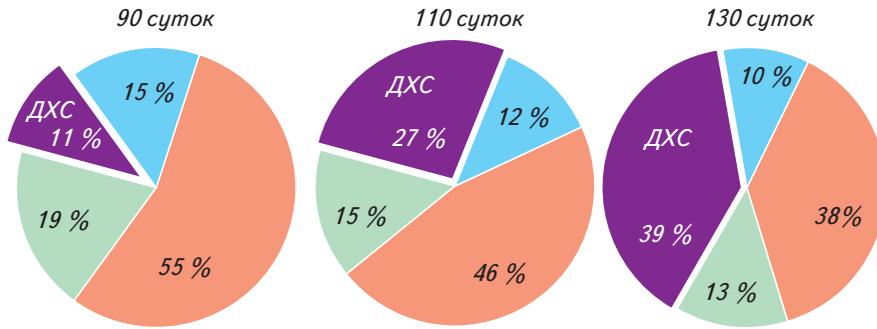


Рис. 1. Рекомендуемый баланс способов хранения сырья для Центрально-Чернозёмного региона: ■ невыкопанная свёкла; ■ полевые кагаты на полях выращивания; ■ оперативные кагаты; ■ ДХС (вентилируемое хранение)

Для каждого из четырёх способов хранения существуют ограничения по применению. Например, при хранении невыкопанной свёклы на полях выращивания в условиях ЦЧР критично наступление распутицы и заморозков

в ноябре. Хранение свёклы в полевых кагатах не должно превышать одного месяца. Преимущество хранения в полевых кагатах в виде технологической простоты сопряжено с высокими потерями свекломассы и сахарозы. В опера-

тивных кагатах на при заводских свеклопунктах при соблюдении технологических ограничений сохранность лучше, чем в полевых, однако рекомендуется не превышать срок хранения более полутора месяцев [2]. Технология ДХС рассчитана на срок продолжительностью два-три месяца и более.

На рис. 2 схематично представлены рекомендуемые и фактические сроки каждого из четырёх способов хранения сахарной свёклы. Схемы составлены на основании анализа погодных-климатических условий для областей ЦЧР [3]. На рис. 2а видно, что в период массовой копки допускается параллельно использовать все четыре способа хранения. С наступлением заморозков, как правило, чередующихся с оттепелями, применение простых способов хранения

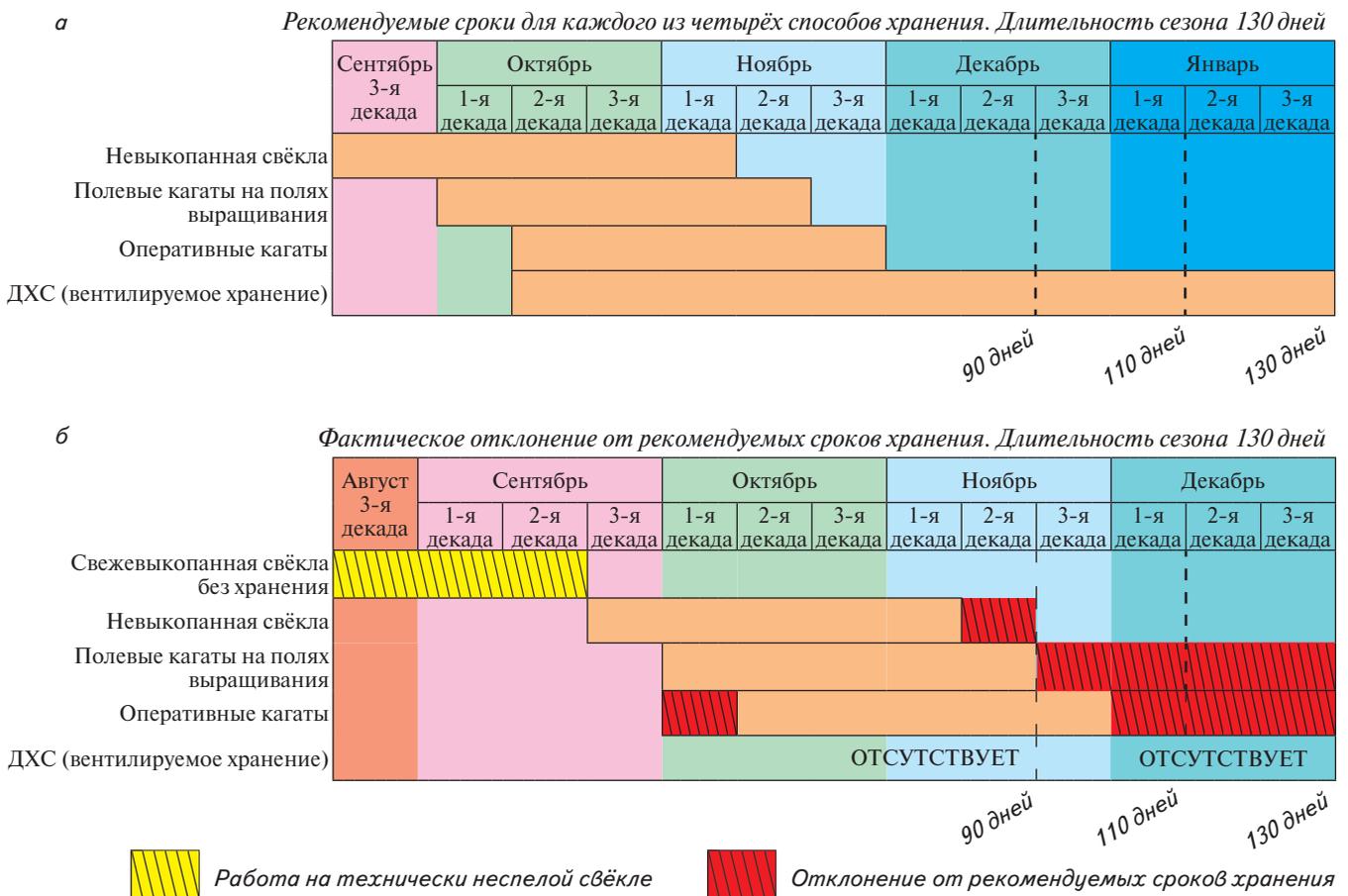


Рис. 2. Структура применения способов хранения сахарной свёклы в зависимости от длительности периода: а – рекомендуемое, б – фактическое

сопряжено с высокими рисками потери свекломассы и сахарозы.

При длительных сроках хранения сахарной свёклы рекомендуется применять способ вентилируемого хранения. Кагаты ДХС в отличие от полевых менее подвержены влиянию факторов окружающей среды.

При этом фактическое положение дел в подотрасли в большинстве случаев отличается от рекомендуемого (рис. 2б). Жёлтой штриховкой показано начало периода работы завода на технически неспелой свёкле. Копка корнеплодов осуществляется для работы сахарного завода с колёс без формирования запасов на полях выращивания и свеклопунктах. В Центрально-Чернозёмном регионе техническая спелость свёклы наступает во второй половине сентября. Однако заводы начинают работать на месяц раньше, как в Краснодарском крае, не учитывая различий в погодно-климатических условиях.

Красной штриховкой показано отклонение от рекомендуемых сроков хранения. Погодно-климатические условия в октябре позволяют осуществить в сжатые сроки копку большей части сахарной свёклы. Узким местом является вывоз сырья с полей выращивания, так как завод не может переработать всю выкапываемую свёклу. Вопрос решается за счёт увеличения срока хранения корнеплодов в полевых кагатах на полях выращивания до 2–2,5 месяцев, при этом теряется свекломасса и сахароза. Отметим, что часть сырья хранится в оперативных кагатах, однако срок хранения в них может превышать 2,5–3 месяца, что является нарушением, а технология ДХС не используется совсем.

Выбор производителей в пользу простых способов хранения понятен. Они действуют в условиях ограниченных бюджетов и кадрового дефицита. Любое ус-

ложнение технологической цепочки требует управленческих усилий и финансовых затрат. Однако все потери сахарозы и свекломассы «за воротами завода», в полевых кагатах, к заводу не относятся. Это потери тех, кто выращивает свёклу. «Своими» завод начинает считать потери после поступления сырья в заводскую весовую. Это традиционная схема взаимодействия завода со свеклосдатчиком с советских времен.

Для завода, работающего исключительно со сторонними свеклосдатчиками, такой алгоритм выгоден. Удивительно, но такая схема работы сегодня переживает своё второе рождение в практике некоторых вертикально интегрированных компаний, которые, казалось бы, имеют прямую заинтересованность в увеличении прибыли своих аграрных подразделений. Потери свекломассы и сахарозы при хранении в кагатах на полях выращивания не учитываются. Сроки хранения сырья в полевых кагатах никак не ограничиваются и в некоторых случаях могут составлять несколько месяцев.

Изменение стереотипа мышления «завод за свёклу в полях не отвечает» на сквозную ответственность сырьевой службы завода за всё сырьё «от поля до бурачной» происходит с трудом. Исключение составляют заводы ГК «Продимекс», которые в данном вопросе ушли дальше всех, вплоть до оказания услуг свеклосдатчикам по хранению сырья на своих свеклопунктах [4]. Комплексный подход данной компании к сырью позволяет оставаться ей лидером рынка сахара и успешно решать проблемы сырьевой базы в условиях дефицита сахарной свёклы.

Для свеклосдатчиков растянутый график приёма сырья с сентября по декабрь невыгоден. Свекловоды стремятся весь выращенный урожай отгрузить заводу в период массовой копки

в течение 40–45 дней. Длительное хранение в полевых кагатах сопровождается большими потерями свекломассы. Свеклосдатчики теряют от 15 до 25 % урожая из-за увядания, распутицы и заморозков и, соответственно, теряют выручку. Снижается доходность от выращивания культуры, она становится неконкурентоспособной по отношению к пшенице и подсолнечнику. Посевные площади сокращаются, возникает дефицит сырья. Срок возврата инвестиций в модернизацию сахарных заводов смещается в неопределённое будущее. Повысить доходность свёклы для свеклосдатчиков и расширить сырьевую базу сахарных заводов можно, увеличив объёмы приёма сырья на ДХС в период массовой копки.

С 1990 по 2005 г. произошло значительное сокращение посевных площадей сахарной свёклы, а потребность отечественного рынка в сахаре покрывалась за счёт переработки импортного сахара-сырца. Свёклы было мало, необходимость в длительном хранении отпала. Отечественные компетенции по длительному хранению были утрачены.

С тех пор ситуация изменилась, но подходы к хранению остались прежними. Из новаций в работе с сырьём добавилась переработка технологически неспелой, не набравшей кондиционную массу свёклы с низким содержанием сахара в августе–сентябре. Хотя известно, что техническая спелость наступает не ранее 15–20 сентября [5].

Стремление завода продлить сезон переработки и распределить свои постоянные затраты на больший объём готовой продукции понятно. Но работа на неспелой свёкле сокращает сырьевую базу завода, что в условиях дефицита сырья неприемлемо. Кроме того, данный подход дискриминирует свеклосдатчиков, которым невы-

годно продавать заводу неспелую свёклу с малой массой. Каждый день вегетации в сентябре увеличивает массу корнеплода в среднем на 2,5–3,0 г, а содержание сахарозы – на 0,4–1,5 г [5, 6].

Чтобы продлить сезон переработки в поздние сроки, заводы увеличивают длительность хранения в кагатах на полях выращивания, превышая 30-дневный норматив [2]. Для обоснования такого выбора приводятся следующие аргументы:

- отсутствуют затраты на дополнительную перевалку свёклы на при заводском свеклопункте;

- свёкла меньше повреждается, так как во время перевалки она травмируется.

Крайним случаем данного подхода является полный отказ от буртоукладочных машин (БУМов) в технологической цепочке вплоть до их исключения из технического парка завода (авторы статьи сталкивались с такими ситуациями). В принципе подобная схема работы возможна на лёгких песчаных почвах с ровной свёклой при одинаковой высоте среза ботвы. Но в Центрально-Чернозёмном регионе почвы глинистые, с высокой адгезией к корню. Выкопать свёклу чистой, без грязевых примесей не удастся. Получить ровную свёклу под одинаковый срез ботвы можно только на небольших участках, но не в производственных масштабах.

В реальном производстве грязевые и растительные примеси присутствуют всегда, и задача очистки свёклы на свеклопункте в значительной степени решается с помощью буртоукладочных машин. В ходе наблюдений было установлено, что при приёмке свёклы с перевалкой через БУМ загрязнённость сырья снижалась на 34–52 %.

Исключение из технологической цепочки буртоукладочной машины приводит к снижению

производительности всего завода в целом: нарушается работа свекломоечного отделения и станции очистки воды при подаче свёклы в переработку, растёт микробиологическое загрязнение в аппаратах технологической цепочки, возникают дополнительные затраты на вспомогательные средства (дезинфекторы и пеногасители), увеличивается расход известкового камня. Повышение загрязнённости сырья на 1 % приводит к снижению выхода сахара на 0,20–0,35 %.

Авторы не выполняли соответствующих расчётов, но предполагают, что дополнительная перевалка сырья БУМом на при заводском свеклопункте обходится значительно дешевле проблем, связанных с загрязнённостью сырья.

В целом на сегодняшний день баланс сырьевых потоков смещён в сторону технологической примитивизации, что находится в противоречии с большими затратами инвесторов на переоснащение свеклосахарной отрасли дорогостоящим зарубежным оборудованием основного производства. С одной стороны, вкладываются значительные средства в обессахаривание входящего сырья, с другой – потери сахарозы на полях выращивания остаются в «серой зоне» внимания инвесторов и производителей.

У описанных выше способов увеличения продолжительности сезона переработки очень высокая цена. Считаем, что дешевле внедрить технологию ДХС.

Потери при хранении свёклы в полевых кагатах

В подотрасли распространено мнение, что основные потери свекломассы и сахарозы в полевых кагатах происходят за счёт дыхания сахарной свёклы и они невелики. Увядание корнеплодов не считается большой проблемой при наличии установок обесса-

харивания мелассы, которые позволяют увеличить извлекаемость сахарозы. Исследования причин потерь свекломассы показывают обратное [7].

В отсутствие возмущающих факторов в межкорневом пространстве насыпи сахарной свёклы поддерживается равновесная влажность – такое влажностное состояние, при котором парциальное давление водяного пара в воздухе межкорневого пространства находится в равновесии с давлением жидкости в поверхностных слоях корнеплодов. Для сахарной свёклы равновесной является относительная влажность воздуха $\varphi_{\text{каг}} = 90–95 \%$ [5].

В действительности состояние равновесной влажности в насыпи нарушается. Снижение парциального давления водяного пара возникает из-за движения воздушных масс между окружающей средой с более низкой относительной влажностью и межкорневым пространством с более высокой относительной влажностью. Кагат стремится вернуться в равновесное состояние, при этом вода из сахарной свёклы выделяется и испаряется, переходя в водяной пар и насыщая воздух межкорневого пространства [7]. Данный цикл для сырья, хранящегося в полевых кагатах, является непрерывным. Сахарная свёкла на 75 % состоит из воды, и чем интенсивнее будет идти процесс движения воздушных масс между окружающей средой и кагатом, тем больше будут потери свекломассы [3].

Необходимо отметить, что интенсивность отвода водяного пара из межкорневого пространства в окружающую среду напрямую зависит от размеров кагата. Чем меньше кагат, тем больше потерь. Чем больше кагат, тем меньше потерь. Кагат маленького размера, размещённый на полях выращивания, имеет площадь поверхности, контактирующую с окружающей

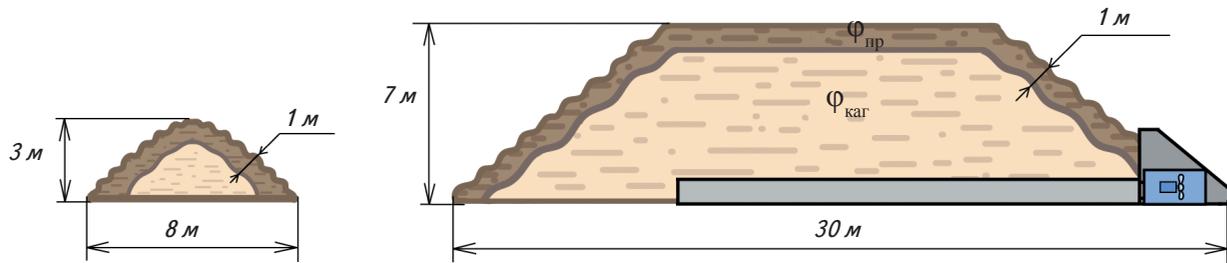


Рис. 3. Сечения кагатов с условными границами слоёв, находящихся под влиянием окружающей среды: а – полевой кагат; б – вентилируемый кагат

средой, в 2,5–3,5 раза больше поверхности вентилируемого кагата трапециевидного сечения. Рассмотрим поперечное сечение полевого и вентилируемого кагатов (рис. 3).

При длительном хранении из-за воздействия окружающей среды в кагатах происходит разделение сырья на слои:

- поверхностный слой толщиной 0,2–0,3 м – слой безусловных повреждений сырья. Корнеплоды утрачивают технологические свойства, в межкорневом пространстве не формируется собственный микроклимат, сырьё подвержено солнцу, ветру, дождям и проч.;

- промежуточный слой толщиной 0,5–0,7 м (под поверхностным) – слой условных повреждений сырья: оно теряет влагу и массу из-за низкой относительной влажности межкорневого пространства, но сохраняет свои технологические свойства. Межкорневое пространство лучше защищено, менее интенсивно взаимодействует с атмосферным воздухом, чем поверхностный слой, но нестабильно и не может удержать равновесную влажность. Свёкла, находящаяся в этом слое, испарением восполняет потери влаги в межкорневом пространстве, теряя массу;

- зона сохранности расположена глубже указанных слоёв. В ней может формироваться и длительное время удерживаться собственный, отличный от других по температуре и влажности микроклимат в межкорневом пространстве, обеспечивая сохранность свекломассы и сахарозы.

Из-за малых размеров и нестабильности микроклимата в полевых кагатах промежуточный слой визуально наблюдается нечётко. Однако он явно проявляется в больших вентилируемых кагатах при хранении сроком более двух месяцев (рис. 4а). На представленных диаграммах отражены со-

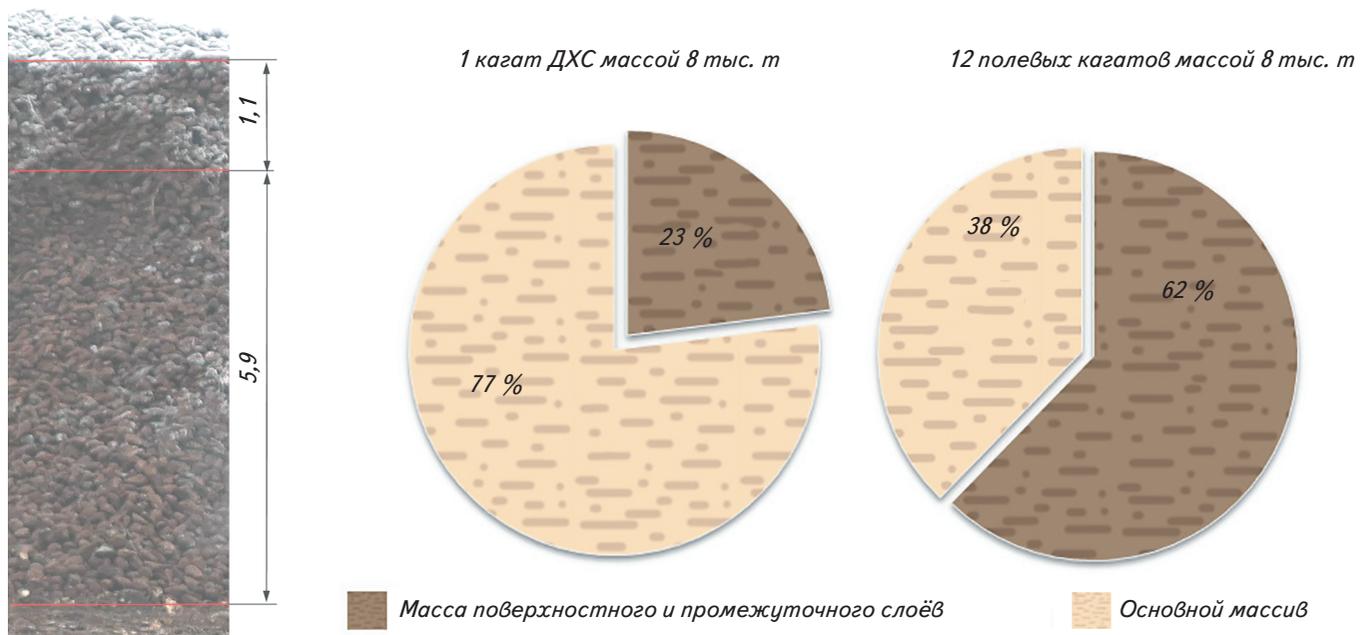


Рис. 4. Разделение свёклы на слои при длительном хранении: а – расслоение внутри сечения вентилируемого кагата; б – соотношение массы поверхностного и промежуточного слоёв к основному массиву сырья

отношения доли поверхностного и промежуточного слоёв к основному массиву сырья для кагата полевого и кагата ДХС (рис. 4б). В полевом кагате до 62 % хранящегося сырья подвержено влиянию окружающей среды, что не позволяет сахарной свёкле сформировать собственный микроклимат в межкорневом пространстве [1]. Воздушная среда межкорневого пространства регулярно обновляется и заполняется окружающим атмосферным воздухом с низкой относительной для свёклы влажностью $\varphi_{\text{окр}} = 40\text{--}60\%$. В промежуточном слое относительная влажность принимает значение, где крайними величинами являются относительная влажность окружающей среды и относительная влажность кагата $\varphi_{\text{пр}} \in (\varphi_{\text{окр}}; \varphi_{\text{каг}})$.

Процесс испарения влаги из кагата за счёт нарушения баланса равновесной влажности межкорневого пространства оказывает влияние на температуру внутри насыпи, охлаждая её. Для перехода воды из жидкого в парообразное состояние, а также при влагонасыщении поступившего из окружающей среды воздуха затрачивается скрытая теплота.

По результатам исследований, проведённых в Мичуринском государственном аграрном университете, было установлено, что в ноябре к 1 м³ поверхностного слоя насыпи сахарной свёклы за счёт теплопритоков из окружающей среды поступило 0,43 кВт, а отведено от такого же объёма 6,3 кВт тепла [8]. Наиболее значимым в настоящем исследовании является выявление доли влагонасыщения приточного воздуха в общей структуре теплооттоков (рис. 5).

Примерно 75 % тепла отводится за счёт механизмов передачи скрытой теплоты и связаны с потерями влаги, меньшая часть — за счёт явной. Потери свекломассы в поверхностном и промежуточном слоях кагата (не во всём кагате) за

один месяц могут варьироваться в диапазоне от 6 до 16,3 % [8, 9]. (Потери 16,3 % выявлены по результатам исследований в 2020 г., когда наблюдалось повышенное содержание гнилей в течение всего сезона переработки. — *Примеч. авт.*) Причиной широкого диапазона изменения потерь свекломассы является многообразие факторов, от которых зависит результат хранения.

Приведём основные группы факторов, оказывающих влияние на сохранность сахарной свёклы при хранении в кагатах:

- физико-химические показатели сырья;
- наличие гнилостных поражений;
- соотношение площади поверхности кагата к массе хранимого сырья;
- расположение полевого кагата относительно преобладающего направления ветра;
- погодно-климатические условия.

Учитывая разброс значений по потерям свекломассы в полевых кагатах в течение первого месяца хранения, рекомендуем ориентироваться на среднее значение потерь в поверхностном и промежуточном слоях — 11,2 %. В последующие месяцы хранения потери свекломассы продолжают, но в настоящее время этот процесс исследован недостаточно.

Существует мнение, что потеря влаги сахарной свёклой не является критическим фактором, так как на фоне потерь свекломассы возрастает концентрация сахарозы. Анализ литературы такое предположение не подтверждает [2, 6, 7]. По мнению производителей, непосредственно работающих с сырьём, в течение двух-трёх дней после уменьшения массы корнеплодов вследствие увядания отмечается рост дигестии. Но затем по истечении следующих двух-трёх дней происходит её резкое паде-

ние на 0,5–1,0 % ниже исходного уровня, который был до увядания. Потерь свекломассы без потери сахарозы не бывает.

В литературе имеются данные об ускорении распада сахарозы вследствие подвяливания в три раза по сравнению с обычным дыханием сахарной свёклы. Потеря влаги приводит к отмиранию части клеток на поверхности корнеплода, препятствуя доступу кислорода к его тканям. Аэробное дыхание затрудняется и начинает замещаться интрамолекулярным. Кроме того, активизируется инвертаза, переводящая сахара в несахара. Доля несахаров увеличивается [7].

Работа с сырьём, потерявшим часть свекломассы вследствие подвяливания, сопровождается увеличением расхода условного топлива, так как сахароза из подвяленной стружки извлекается труднее. Это приводит к росту себестоимости производства.

Сравнение хранения в полевых кагатах и ДХС

На основе вышеизложенных данных можно утверждать, что в полевых кагатах имеется есте-

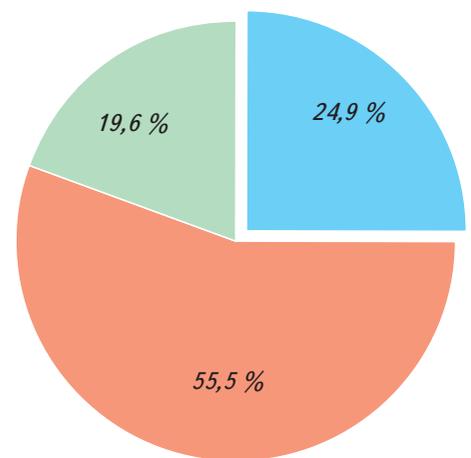


Рис. 5. Структура теплооттоков: ■ нагрев приточного воздуха; ■ влагонасыщение приточного воздуха; ■ испарение влаги с поверхности корнеплодов сахарной свёклы

ственная вентиляция. Воздух в межкорневом пространстве регулярно обновляется, а насыпь охлаждается преимущественно способом адиабатического охлаждения, сопровождающегося потерей свекломассы. При наличии ветровой нагрузки на боковой склон кагата процесс выноса влаги из него ускоряется. В связи с тем, что относительная влажность воздуха в поле и ветровая нагрузка являются неуправляемыми факторами, можно сделать вывод, что полевой кагат вентилируется в нерегулируемом режиме. А так как период уборки урожая сахарной свёклы приходится на осень, сопровождается значительными перепадами значений суточных температур и порывистым ветром, скорость которого часто превышает 10 м/с, можно утверждать, что полевой кагат находится в режиме избыточной вентиляции (гипервентиляции), что влечёт за собой неуправляемую потерю свекломассы и сахарозы.

В отличие от полевых кагатов вентилируемые кагаты ДХС имеют большие размеры и трапециевидную форму в поперечном сечении, это позволяет им формировать и удерживать собственный микроклимат в межкорневом про-

странстве. Наличие распределённой системы вентиляции с автоматизированным управлением по значениям температуры сырья и алгоритмами, адаптируемыми под разные периоды хранения (лечение, хранение в период положительных температур, хранение в период отрицательных температур), позволяет дозированно подавать атмосферный воздух в межкорневое пространство. То есть подавать воздух в кагат ДХС можно в существенно меньшем количестве, чем поступает в естественных условиях в полевой кагат, тем самым сохраняя свекломассу и сахарозу.

Для обеспечения сохранности сахарной свёклы при длительном хранении необходимо увеличивать объёмы кагатов. На рис. 6 для сравнения представлены объёмы хранения сырья в полевых и вентилируемом кагатах. При одинаковой длине 12 полевых кагатов соответствуют по массе 1 вентилируемому, однако в кагате ДХС верхний и промежуточный слои в 2,7 раза меньше.

Рассматривая ДХС как альтернативу хранению сырья на полях выращивания, следует упомянуть и о трудностях при его внедрении.

К сожалению, большинство эксплуатируемых в подотрасли систем ДХС не реализуют в полной мере возможности технологии из-за конструктивных недостатков:

- аэродинамика воздухопроводов спроектирована с нарушениями, отсутствует равномерность воздухораспределения [10];
- энергопотребление системы завышено на 25–35 % по сравнению с типовыми системами вентиляции;
- отсутствие в подотрасли методических рекомендаций по применению ДХС приводит к нарушению технологии при укладке кагатов и последующем хранении;
- программное обеспечение по управлению вентиляционными установками требует доработки.

Все перечисленные недостатки устраняемы модернизацией системы и регламентацией технологии. ДХС имеет потенциал значительного повышения результатов.

Особо следует отметить значение ДХС в плане увеличения конкурентоспособности сахарной свёклы по отношению к таким культурам, как пшеница и подсолнечник. ДХС позволяет значительную часть объёма законтрактованной на сезон свёклы принять

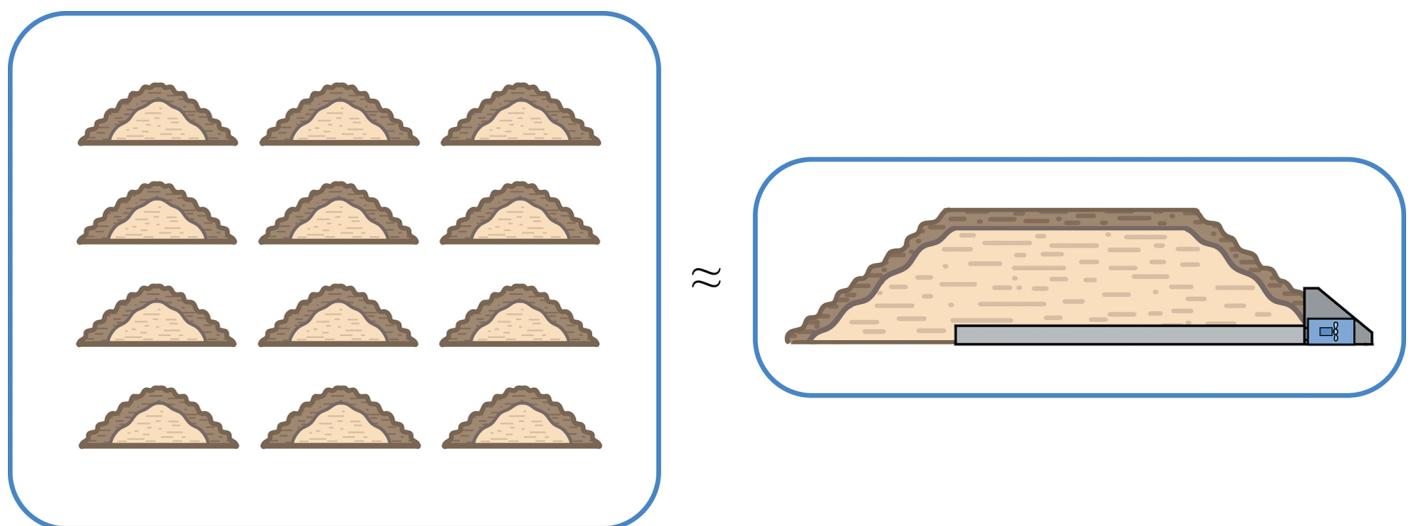


Рис. 6. Сравнение массы сырья в полевом и вентилируемом кагатах

сразу же в период массовой копки, без растягивания приёмки до декабря. На таких условиях для свеклодатчика сахарная свёкла становится эквивалентом «быстрых денег», которые можно сразу же пустить в оборот. Потери свекломассы, связанные с хранением в полевых кагатах, сокращаются в несколько раз. Прибыль от возделывания культуры увеличивается. Снижаются риски, связанные с распутицей и заморозками. Выгодные условия приёмки урожая будут мотивировать свекловодов на расширение посевных площадей. Сырьевая база завода и продолжительность сезона переработки будут увеличиваться. Включение в структуру потоков сырья ДХС позволит заводам расширить свою сырьевую базу и сделать прогнозируемыми сроки возврата инвестиций, вложенных в основное производство.

ДХС является наиболее сложной системой хранения сырья и предполагает определённые затраты, что является одним из доводов для отказа от внедрения технологии. Но учитывать только затраты и не учитывать доходы – это неправильно.

Доходы от применения ДХС превышают операционные расходы на низком рынке в три раза, на высоком – в шесть раз. Срок возврата инвестиций в ДХС в большинстве случаев не превышает двух лет [1].

Выводы

Таким образом, применяемое в настоящее время в свеклосахарной подотрасли хранение половины и более сырьевой базы в полевых кагатах влечёт за собой потери свекломассы и сахарозы. Промодернизация процессов хранения находится в противоречии с глубокой капиталоемкой модернизацией основного производства, сокращает сырьевую базу завода, увеличивает сроки возврата инвестиций и себестоимость сахара.

Список литературы

1. *Завражнов, А.И.* Вентилируемое хранение сырья как одно из направлений модернизации свеклосахарного производства / А.И. Завражнов [и др.] // Сахар. – 2021. – № 1. – С. 46–52.
2. *Хелемский, М.З.* Хранение сахарной свёклы. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 471 с.
3. *Завражнов, А.И.* Обоснование и разработка технологии хранения сахарной свёклы в кагатах в условиях Центрально-Чернозёмного региона / А.И. Завражнов, С.М. Кольцов // Сахар. – 2020. – № 1. – С. 38–44.
4. Посевы сахарной свёклы могут сократиться [Электронный ресурс] / Институт конъюнктуры аграрного рынка. – Режим доступа: <http://www.ikar.ru/press/6431.html> (Дата обращения: 25.04.2021).
5. *Татур, И.С.* Сахарная свёкла: пора с полей – в кагаты / И.С. Татур, М. Гуляка, Ю. Чечёткин // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 8 (136).
6. *Бугаенко, И.Ф.* Принципы эффективного сахарного производ-

ства. – М.: Сахарный бизнес России, 2003. – 287 с.

7. *Силин, П.М.* Технология сахара / П.М. Силин. – М.: Пищевая промышленность, 1967. – 625 с.

8. *Кольцов, С.М.* Исследование вопроса потери свекломассы при хранении сахарной свёклы в кагате / С.М. Кольцов // Матер. 73-й Междунар. научно-практ. конф. «Современная аграрная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Мичуринск, 2021. – С. 152–156.

9. Хранение сахарной свёклы с помощью химических препаратов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://betaren.ru/articles/hranenie-saharnoy-svekly-s-pomosch-yu-himicheskikh-preparatov/> (Дата обращения: 25.04.2021)

10. *Кольцов, С.М.* Вентилируемое хранение свёклы на открытом грунте / С.М. Кольцов // Матер. конф. «Импортозамещение технологии и оборудование для глубокой переработки сельскохозяйственного сырья». – 2019 г. – С. 389–394.

Аннотация. В статье представлена классификация способов хранения сахарной свёклы по степени технологической сложности. Предложен баланс сырьевых потоков в зависимости от продолжительности работы сахарного завода. Рассмотрена рекомендуемая и фактическая структура применения способов хранения сахарной свёклы в зависимости от временного периода. Проведено сравнение поверхностного и промежуточного слоёв в полевом и вентилируемом кагате сахарной свёклы. Представлена структура теплооттоков при хранении сахарной свёклы.

Ключевые слова: сахарная свёкла, способ хранения сырья, сахар, полевой кагат, система активной вентиляции.

Summary. The article presents the classification of sugar beet storage methods according to the degree of technological complexity. The balance of raw materials flows depending on the duration of operation of the sugar factory is proposed. The recommended and actual structure of the application of sugar beet storage methods depending on the time period is considered. The comparison of the surface and intermediate layers in the field and ventilated sugar beet storage is carried out. The structure of heat flows during the storage of sugar beet is presented.

Keywords: sugar beet, raw material storage method, sugar, storage, active ventilation system.



Научно-информационный портал

хранениесвеклы.рф

Технология, экономика, оборудование и препараты для длительного вентилируемого хранения сахарной свёклы