

# Опыт применения технологии длительного хранения сахарной свёклы<sup>S</sup>

**А. И. ЗАВРАЖНОВ**, д-р техн. наук, проф., академик РАН  
ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»

**А. В. БАЛАШОВ**, д-р техн. наук, доцент

**С. М. КОЛЬЦОВ**, канд. техн. наук (e-mail: smkoltsov@yandex.ru)

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

## Анализ условий хранения сахарной свёклы в ЦФО

Особенностью производственного сезона 2022/23 г. в Центральном федеральном округе стали сложные погодные-климатические условия в период уборки сахарной свёклы. Превышение среднемесячной нормы выпадения осадков в ряде областей с сентября по январь привело к затяжной распутице.

В табл. 1 приведена среднемесячная норма и фактическое количество осадков в виде дождя и снега по отдельным регионам ЦФО с сентября по январь. Цветовая индикация превышения фактического количества выпавших осадков к норме представлена тремя оттенками цвета: розовый обозначает превышение до 1,5 раз выше нормы, красный – от 1,5 до 2 раз, бордовым отмечено превышение уровня выпавших осадков в 2 раза и более, зелёным указано количество выпавших осадков ниже нормы по региону. Из данных таблицы следует, что распутица особенно сильно повлияла на вывоз урожая с полей в Липецкой, Воронежской и Курской областях; в меньшей степени – в Белгородской и Тамбовской областях.

Распутица оказала существенное влияние на интенсивность привоза сахарной свёклы, что привело к снижению производительности в отдельные периоды в 2 раза и более, а в некоторых случаях – к остановке сахарных заводов. Объём хранения корнеплодов в по-

левых кагатах превысил объём их транспортировки. Продолжительность хранения в полевых кагатах увеличилась с нормативных 2–3 до 4–6 недель и больше. Это ухудшило финансовый результат сезона как у свеклосеющих хозяйств, так и у переработчиков. В конце периода хранения в полевых кагатах отмечались значительные потери свекломассы и снижение технологического качества. Ритмичность работы сахарных заводов была нарушена.

Обильные дожди в регионах ЦФО привели к ускорению набора массы корнеплодами. Вместе с тем из-за повышенной влажности почвы возросли издержки на транспортировку сырья. Помимо трудностей с вывозом по грунтовым дорогам с полей возделывания повысились издержки вследствие возрастания загрязнённости свеклосырья в 1,5–2 раза и более по сравнению с аналогичными периодами предыдущих сезонов.

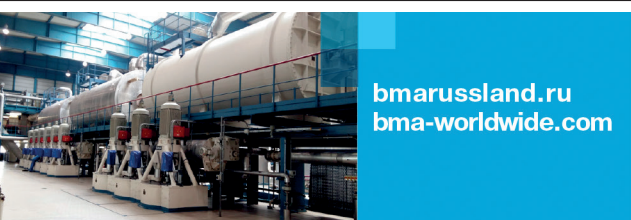
Перечисленные факторы привели к увеличению сроков хранения сахарной свёклы в полевых кагатах. При этом погодные-климатические условия хранения можно охарактеризовать как неблагоприятные. Окончание уборки для большинства свеклосдатчиков пришлось на конец ноября – начало декабря. Хранение в полевых кагатах сопровождалось выпадением дождя и снега при чередовании заморозков и оттепелей.

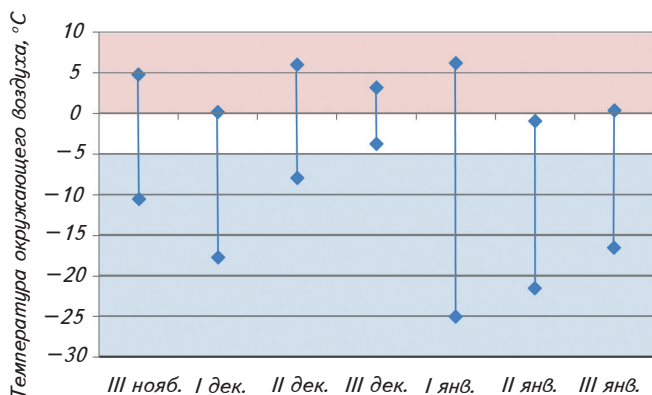
**Таблица 1.** Среднемесячная норма и фактическое количество осадков по отдельным регионам ЦФО с сентября 2022 г. по январь 2023 г. \*

Месяц	Выпадение осадков по областям, мм									
	Тамбовская		Липецкая		Воронежская		Курская		Белгородская	
	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма	Факт	Норма	Факт
Сентябрь	60	67	58	116	58	135	59	143	51	95
Октябрь	57	77	57	89	56	95	59	80	52	77
Ноябрь	55	50	49	51	47	67	46	39	47	48
Декабрь	52	58	48	80	49	105	48	126	51	75
Январь	51	15	59	18	49	17	51	28	49	31

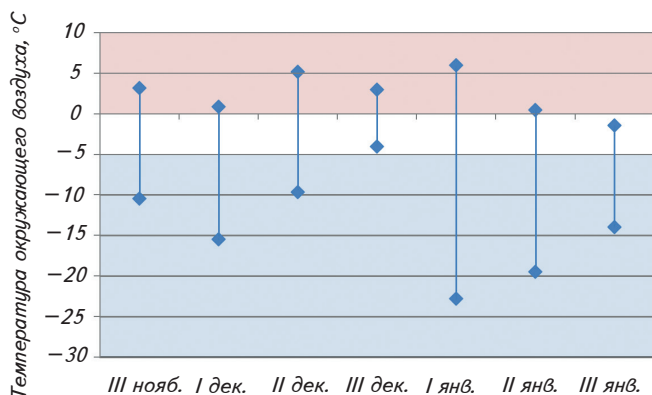
\*Анализ по данным сайта *rp5*

<sup>S</sup> Выбор спонсора научных публикаций осуществляется по усмотрению редакции, любая взаимосвязь между видами деятельности спонсора и результатами научной работы исключается

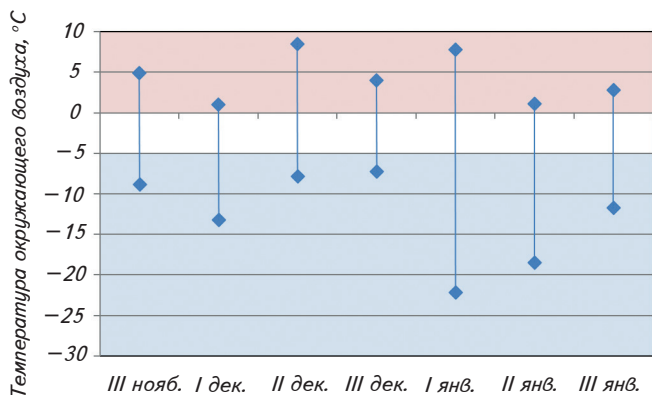




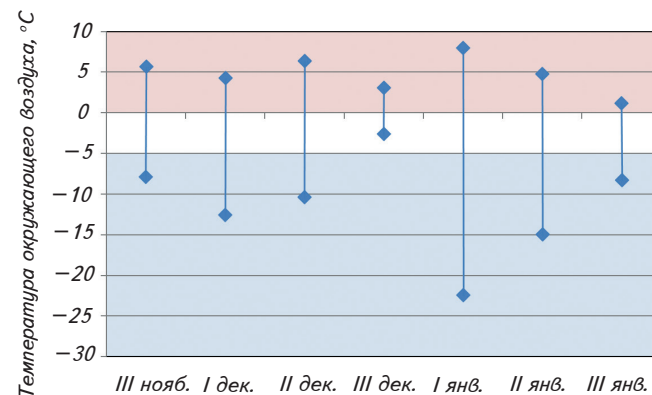
а



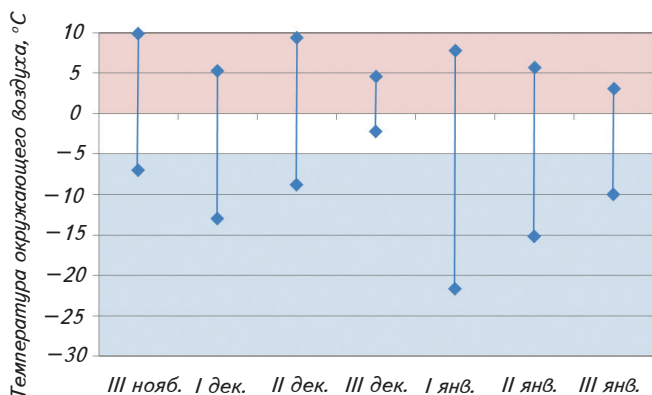
б



в



г



д

Рис. 1. График амплитудных колебаний температуры окружающего воздуха: а – в Тамбовской области, б – Липецкой области, в – Воронежской области, г – Курской области, д – Белгородской области

На рис. 1 представлены графики с максимальным и минимальным значением температуры окружающего воздуха по декадам с момента окончания массовой уборки в прошедшем сезоне. Красным цветом обозначен температурный фон окружающего воздуха,

при котором наблюдается оттаивание сахарной свёклы (выше 0 °С). Область, выделенная синим цветом, отражает температурный фон, при котором наблюдается замораживание корнеплодов (ниже –5 °С), а белым – температурный фон окружающего воздуха, наиболее благоприятный для хранения.

Как видим, хранение сахарной свёклы проходило при амплитудных колебаниях температуры окружающего воздуха, в отдельные декады достигающей 30 °С. Так, в Тамбовской области в первую декаду января минимальное значение температуры воздуха составило –25 °С, а максимальное +6 °С (рис. 1 а). Однако аномальной является периодичность (частота) перехода температуры окружающего воздуха из отрицательного температурного диапазона в положительный и обратно.

В течение одной декады наблюдались периоды заморозков (с температурой воздуха, способной подморозить сахарную свёклу ниже –5 °С), чередующиеся с оттепелями и дождями, которые интенсифицировали процессы оттаивания с последующим некрозом тканей корнеплодов [1]. Из графиков следует, что в течение всего исследуемого периода в Тамбовской и Липецкой областях наблюдалось не менее 3 циклов



заморозки и оттаивания сахарной свёклы (рис. 1 а, б), в Воронежской области – не менее 7 циклов (рис. 1 в), а в Курской и Белгородской – не менее 6 циклов (рис. 1 г, д). Снижение сохранности сахарной свёклы в полевых кагатах из-за погодных-климатических условий минувшего сезона некорректно оценивать как нечто выходящее за рамки прогнозирования рисков. Произошедшие погодные аномалии вполне можно было компенсировать, применяя индустриальные способы хранения сырья, которые характеризуются применением технических средств, обеспечивающих сохранность урожая (система активной вентиляции, укрытие кагатов, обработка препаратами). Однако потери сезона 2022/23 г. являются прямым следствием отказа от индустриального хранения сырья на предприятии в целях перехода на работу с колёс, «как в Европе», – чтобы завод работал исключительно на только что доставленной свёкле с запасом на двое суток. Тем не менее погодные-климатические условия умеренно-континентального климата в ЦФО не позволяют реализовать данный подход в работе со свеклосахарным сырьём. Решением проблемы представляется поэтапная модернизация призаводских свеклопунктов и внедрение современных способов хранения сырья на уровне 5–7 % от объёма вложений в основное производство.

После кризиса перепроизводства сахара в 2019 г. и потери части сырьевой базы для некоторых сахарных заводов (до 26 %) некорректным является дистанцирование переработчиков от свеклосдатчиков в вопросах сохранности сырья, когда все убытки от

хранения переключаются на сельхозтоваропроизводителей. В первую очередь агропредприятиям, входящим в холдинги, необходимо учитывать, что потери свекломассы при хранении в полях в некоторых случаях могут превышать 38 %, а при индустриальном хранении на заводе они находятся в диапазоне 4–7 %. Наши опросы показывают, что свеклосдатчики даже готовы за свой счёт оплачивать потери от индустриального хранения, лишь бы у них была возможность вывезти на завод всё сырьё в период массовой уборки в октябре, а не растягивать график вывоза по декабрь включительно.

На базе ФГБНУ ВНИИТиН совместно с учёными ФГБОУ ВО МичГАУ (Тамбовская область) ведётся разработка технологии, направленной на повышение сохранности сахарной свёклы, которая получила производственное внедрение на двух сахарных заводах Курской области.

#### Опыт применения технологии ДХС в сезоне 2022/23 г.

Технология длительного хранения сырья (ДХС) применяется в Курской области с 2017 г. на одном из сахарных заводов производительностью 3400 т для обеспечения длительного хранения около 50 тыс. т сахарной свёклы. В перечень основного технологического оборудования входят: вентиляционные ветви системы активной вентиляции, шкафы управления вентиляцией, система телеметрии и информационная система. Базовым элементом технологии ДХС является система активной вентиляции (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Кагат длительного хранения сырья (ДХС): а – формирование, б – хранение

Объём хранимого сырья был определён для увеличения продолжительности работы сахарного завода на 15 суток. Благоприятные погодно-климатические условия для транспортировки сахарной свёклы с полей возделывания на завод в течение практически всего производственного сезона наблюдались один раз за шесть лет эксплуатации технологии.

В остальные годы в условиях распутицы и чередования заморозков и оттепелей применение технологии ДХС позволяло решить в том числе следующие производственные задачи:

1) увеличение объёма приёмки сахарной свёклы на свеклопункт при благоприятных погодно-климатических условиях в период массовой уборки;

2) использование хранимого свеклосахарного сырья с технологией ДХС в качестве сырьевого запаса.

Одним из сдерживающих факторов увеличения объёма приёмки сахарной свёклы является то, что без применения технических средств при хранении в оперативных кагатах потери свекломассы достигают 3,5–6 % в месяц и сопровождаются значительным снижением технологического качества корнеплодов. Технология ДХС позволяет сократить потери свекломассы до 1,5–2,2 % в месяц за счёт системы активной вентиляции и формирования кагатов больших размеров, чем полевые и оперативные [2].

Технология ДХС позволяет формировать сырьевой запас для завода на период снижения интенсивности подвоза сахарной свёклы из-за распутицы. За последние 20 лет модернизация отраслевых предприятий была ориентирована преимущественно на увеличение производственных мощностей для переработки корнеплодов. При этом развитие свеклопунктов в рамках модернизации в большинстве случаев не рассматривалось. Зачастую наблюдалось сокращение площадей кагатных полей по причине износа инфраструктуры и использования их под другие цели, например для устройства зернохранилищ и иных сельскохозяйственных объектов. Увеличение производственных мощностей сахарных заводов без модернизации свеклопунктов привело к формированию зависимости рентабельности производства сахара от интенсивности подвоза сахарной свёклы. Преимуществом кагатов ДХС является возможность их компактного расположения на свеклопункте по сравнению с оперативными. Для размещения кагата ДХС массой 8500 т требуется 3600 м<sup>2</sup>, а при размещении аналогичного объёма в оперативных кагатах необходимо не менее 4800 м<sup>2</sup> без учёта пространства под движение технологического транспорта между кагатами [3].

В процессе научно-технического сопровождения внедрённой технологии ДХС был разработан и опробован ряд технологических приёмов:

– метод подачи препаратов в межкорневое пространство кагата в период хранения;

– формирование микроклимата вокруг кагата сахарной свёклы и его защиты от осадков и температурных колебаний окружающего воздуха.

Для усовершенствования подачи препаратов в кагаты долгосрочного хранения нами были сформулированы следующие требования к технологии.

1. Кагаты должны обрабатываться через межкорневое пространство, а не по поверхности кагата или укладочного конвейера, т. е. подавать препарат следует внутрь кагата через систему вентиляции.

2. Должна быть предусмотрена возможность фрагментной обработки проблемных участков кагата, в которых образуются локальные зоны самосогревания. Качество свёклы в кагате может сильно отличаться, поэтому необходим доступ для обработки проблемных участков.

3. Распределение препарата внутри межкорневого пространства должно быть равномерным. При обработке кагата препаратами следует использовать штатный вентилятор, обеспечивающий заданное давление и расход приточного воздуха, на которые рассчитан воздухораспределитель вентиляционной ветви.

4. Необходимо обеспечить техническую и технологическую возможность повторной обработки фрагментов кагата. Проблемные фрагменты нужно обрабатывать несколько раз за период хранения.

5. Препарат должен обладать летучестью и высокой испарительной способностью, чтобы распространяться в межкорневом пространстве.

Данным требованиям соответствует способ обработки кагата, представленный на рис. 3. В кагат 1 препарат подаётся в вентиляционную ветвь 2 из ёмкости 3 с помощью водяной помпы 4 через шланг 5

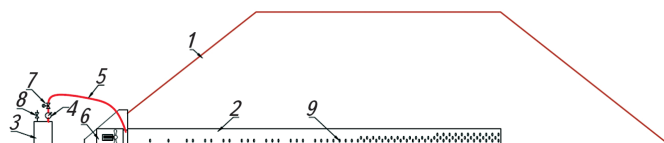


Рис. 3. Способ обработки препаратом кагата сахарной свёклы:

1 – кагат, 2 – вентиляционная ветвь, 3 – ёмкость с препаратом, 4 – водяная помпа, 5 – шланг, 6 – вентилятор, 7 – регулировочный клапан, 8 – клапан для выравнивания давления, 9 – воздуховыпускные отверстия





Рис. 4. Обработка кагатов препаратами

после вентилятора 6. Расход жидкости корректируется с помощью регулировочного клапана 7. Для выравнивания давления между окружающей средой и ёмкостью используется клапан 8. При попадании в воздушный поток вентилятора препарат из жидкого переходит в парообразное состояние и распределяется через воздуховыпускные отверстия 9 в межкорневое пространство кагата. Данный способ позволяет осуществлять обработку кагата при штатной работе системы активной вентиляции, что обеспечивает равномерность его распределения внутри межкорневого пространства [4]. Так как препарат попадает в воздуховод после вентилятора, риски повреждения электродвигателя отсутствуют (рис. 4).

Для формирования микроклимата вокруг кагата сахарной свёклы и его защиты от осадков и температурных колебаний окружающего воздуха разработано секционное каркасное укрытие (рис. 5). При его разработке нами учитывалась необходимость формирования воздушного пространства между кагатом и укрывным материалом, а также возможность регулирования интенсивности движения воздушного потока [5].

В ходе эксплуатации каркасного укрытия на кагате ДХС было установлено, что, помимо защиты поверхностного слоя кагата от атмосферных осадков, наличие воздушного пространства между кагатом и укрывным материалом позволяет минимизировать влияние амплитудных колебаний температуры окружающего воздуха (рис. 6).

При температуре окружающего воздуха ниже  $-8^{\circ}\text{C}$  температура воздуха под укрытием, т. е. над кагатом, составляет всего  $-4^{\circ}\text{C}$ . Укрытие обеспечивает более стабильную температуру вокруг кагата и во время оттепелей. При температуре окружающего воздуха  $+5^{\circ}\text{C}$  температура воздуха под укрытием достигает  $+2,6^{\circ}\text{C}$  [6].

#### Результаты применения усовершенствованной технологии ДХС

По истечении сроков хранения корнеплодов было произведено сравнение результатов хранения по технологии ДХС и в контрольном кагате массой 2 530 т без вентиляции, без укрытия и без обработки препаратом (водным 25 % раствором аммиака).



а



б

Рис. 5. Каркасное укрытие кагата ДХС: а — вид сбоку, б — секционный каркас, установленный на верхней площадке кагата

График температур 2022-12-07–2022-12-22

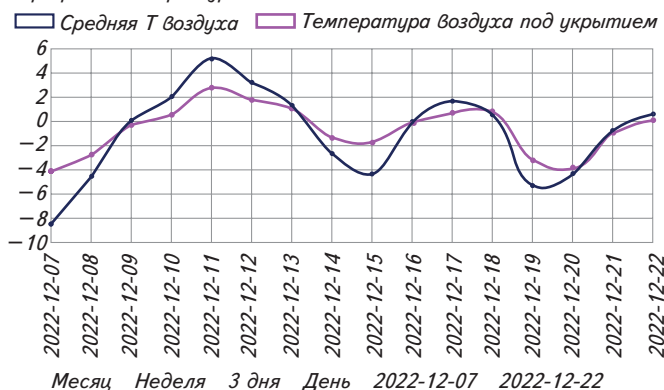


Рис. 6. График изменения температуры окружающего воздуха и температуры воздуха под укрытием

Продолжительность хранения в кагате ДХС составила 81 сутки, отгрузка в производство состоялась 3 февраля; срок хранения в контрольном кагате – 75 суток.

По результатам анализов физико-химических показателей корнеплодов, полученных в период разбора кагатов в конце января – начале февраля 2023 г., были установлены следующие данные:

- по кагату ДСХ в сравнении с контрольным кагатом: дигестия выше на 0,69 % (15,01 по сравнению с 15,7%),

- количество загнивших корнеплодов ниже почти в 2 раза (27,33 по сравнению с 13,99 %),

- доброкачественность свековичного сока составила 86,79 % (на 3 февраля), что выше почти на 10 % в сравнении с контрольным кагатом.

### Закключение

В данном направлении ФГБОУ ВНИИТиН ведёт дальнейшие разработки по усовершенствованию технологии ДХС, цель которых – обеспечение сохранности сахарной свёклы при увеличенном сроке хранения с октября по февраль включительно. Также разрабатываются проектные решения по устройству при заводских и удалённых свекольных пунктов ДХС для сокращения временных затрат на транспортировку

сахарной свёклы в период массовой уборки для заводов, производственная мощность которых превышает 6 тыс. т в сутки.

### Список литературы

1. Investigating natural cooling of piled sugar beet / A.I. Zavrzhnov, S.M. Koltsov, A.N. Zazulya [et al.] // 2021 International conference on agricultural science and engineering, Michurinsk, Russia, 2021. – P. 012089.

2. Смирнов, М.А. Резервы повышения сохранности корнеплодов сахарной свёклы / М.А. Смирнов, Л.Н. Путилина // Сахарная свёкла. – 2014. – № 5. – С. 46–48.

3. Управление режимами вентиляции при хранении корнеплодов в кагатах / А.И. Завражнов, И.А. Елизаров, С.С. Толстошеин, С.М. Кольцов // Сельский механизатор. – 2021. – № 8. – С. 20–21.


5. Путилина, Л.Н. Анализ способов хранения сахарной свёклы в условиях Центрально-Чернозёмного региона / Л.Н. Путилина, Р.А. Шрамко // Сахар. – 2021. – № 6. – С. 44–51.

6. Елизаров, И.А. Технические средства автоматизации. Программно-технические комплексы и контроллеры / И.А. Елизаров, Ю.Ф. Мартемьянов, А.Г. Схиртладзе. – Ст. Оскол, 2020. – 236 с.

**Аннотация.** Рассмотрены погодные-климатические условия в период уборки сахарной свёклы в ЦФО. Проанализированы факторы, которые привели к увеличению потерь свекольной массы в полевых кагатах. Представлены основные элементы технологии длительного хранения сырья (ДХС), включающие в себя систему активной вентиляции, обработку препаратами и каркасное укрытие. Рассмотрен опыт и приведены результаты применения технологии ДХС в сезоне 2022/23 г. **Ключевые слова:** сахарная свёкла, хранение, технология, укрытие, кагат, погодные-климатические условия.

**Summary.** The weather and climatic conditions during the harvesting of sugar beet in the Central Federal District are considered. The factors that contributed to the increase in beet mass losses in field sugar beet piles are analyzed. The experience is considered and the results of the application of the technology of long-term storage of raw materials (DHS) in the 2022/23 season are presented.

**Keywords:** sugar beet, storage, technology, shelter, sugar beet pile, weather and climatic conditions.



Научно-информационный портал  
[хранениесвеклы.рф](http://хранениесвеклы.рф)  
 Технология, экономика, оборудование и препараты для длительного вентилируемого хранения сахарной свёклы

