

5/2026,
sentyabr-
oktyabr
(№ 00085)



ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ И ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОДОВ: ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ В УЗБЕКИСТАНЕ

Муратов Абдулазиз Уктамович

кандидат экономических наук, доцент филиала Астраханского государственного технического университета в Ташкентской области. E-mail: muratovabd@gmail.com

Пак Тимур Анатольевич

студент Международного сельскохозяйственного университета

Аннотация

Статья посвящена обоснованию подходов к комплексной оценке экономической и экологической эффективности технологий хранения и послеуборочной обработки плодов в Узбекистане. На основе системного и сравнительного анализа официальных данных, международных исследований и инвестиционных проектов рассмотрена взаимосвязь режимов хранения, сохранности и качества продукции, предотвращенных потерь, выручки, затрат, энергопотребления и экологической нагрузки. Систематизированы технологические, экономические и энергетико-экологические показатели, предложена трехуровневая процедура оценки эффективности для отечественных плодохранилищ. Обоснована необходимость дифференциации режимов по культурам и сортам, учета загрузки мощностей и оценки энергозатрат на тонну сохраненной товарной продукции. На примере проекта Есо Business-M разграничены документированные параметры модернизации и сценарные расчеты предотвращенных потерь. Показано, что выбор технологии должен основываться на балансе сохранности продукции, экономического результата и экологической нагрузки. Сформулированы рекомендации по энергоаудиту, цифровому мониторингу и развитию национальной информационной базы для последующей эмпирической оценки.

Ключевые слова: плоды, послеуборочная обработка, технологии хранения, Узбекистан, экологическая эффективность, экономическая эффективность.

MEVALARNI SAQLASH VA YIG'IM-TERIMDAN KEYINGI ISHLOV BERISH TEXNOLOGIYALARINING IQTISODIY VA EKOLOGIK SAMARADORLIGI: O'ZBEKISTONDA BAHOLASH YONDASHUVLARI

Muratov Abdulaziz Uktamovich

iqtisodiyot fanlari nomzodi, Astraxan davlat texnika universitetining Toshkent viloyatidagi filiali dotsenti.

Pak Timur Anatolyevich

Xalqaro qishloq xo'jaligi universiteti talabasi

Annotatsiya

Maqola O'zbekistonda mevalarni saqlash va yig'im-terimdan keyingi ishlov berish texnologiyalarining iqtisodiy va ekologik samaradorligini kompleks baholash yondashuvlarini asoslashga bag'ishlangan. Rasmiy ma'lumotlar, xalqaro tadqiqotlar va investitsiya loyihalarining tizimli va qiyosiy tahlili asosida saqlash rejimlari, mahsulotning saqlanuvchanligi va sifati, oldi olingan yo'qotishlar, sotishdan tushum, xarajatlar, energiya iste'moli va atrof-muhitga yuklama o'rtasidagi bog'liqlik ko'rib chiqilgan. Texnologik, iqtisodiy va energetik-ekologik ko'rsatkichlar tizimlashtirilgan hamda mamlakatimizdagi meva saqlash omborlari uchun samaradorlikni baholashning uch bosqichli tartibi taklif etilgan. Saqlash rejimlarini meva turlari va navlari bo'yicha tabaqalashtirish, quvvatlardan foydalanish darajasini hisobga olish hamda saqlab qolingan tovar mahsulotining bir tonnasiga to'g'ri keladigan energiya sarfini baholash zarurati asoslangan. Eco Business-M loyihasi misolida modernizatsiyaning hujjatlar bilan tasdiqlangan ko'rsatkichlari va oldi olingan yo'qotishlarga doir ssenariy hisob-kitoblari ajratib ko'rsatilgan. Texnologiyani tanlash mahsulotning saqlanuvchanligi, iqtisodiy natija va atrof-muhitga yuklama o'rtasidagi muvozanatga asoslanishi lozimligi ko'rsatilgan. Keyingi empirik baholash uchun energiya auditi, raqamli monitoring va milliy axborot bazasini rivojlantirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: mevalar, yig'im-terimdan keyingi ishlov berish, saqlash texnologiyalari, O'zbekiston, ekologik samaradorlik, iqtisodiy samaradorlik.

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF FRUIT STORAGE AND POSTHARVEST HANDLING TECHNOLOGIES: ASSESSMENT APPROACHES IN UZBEKISTAN

Abdulaziz Uktamovich Muratov

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Tashkent Region Branch of Astrakhan State Technical University.

Timur Anatolyevich Pak

Student, International Agriculture University

Abstract

This article develops approaches to a comprehensive assessment of the economic and environmental efficiency of fruit storage and postharvest handling technologies in Uzbekistan. A systematic and comparative analysis of official data, international studies and investment projects examines the relationships among storage conditions, product preservation and quality, avoided losses, revenue, costs, energy consumption and environmental burdens. Technological, economic, energy and environmental indicators are systematised, and a three-stage efficiency assessment procedure is proposed for fruit storage facilities in Uzbekistan. The need to differentiate storage conditions by fruit species and cultivar, account for capacity utilisation and assess energy consumption per tonne of preserved marketable produce is substantiated. The Eco Business-M project illustrates the distinction between documented modernisation parameters and scenario-based calculations of avoided losses. The findings indicate that technology selection should balance product preservation, economic performance and environmental burdens. Recommendations are formulated for energy audits, digital monitoring and the development of a national information base to support subsequent empirical assessment.

Keywords: fruit, postharvest handling, storage technologies, Uzbekistan, environmental efficiency, economic efficiency.

Введение

Актуальность проблемы. Плодоовощная отрасль имеет существенное значение для аграрной экономики Узбекистана, однако конечный экономический результат

производства плодов определяется не только объемом урожая, но и способностью сохранить товарные свойства продукции после уборки. В 2025 г. в республике произведено 3 479,6 тыс. т плодов и ягод, что на 6,4 % больше, чем годом ранее [1]. Рост производства повышает требования к холодильной инфраструктуре, послеуборочной обработке и управлению режимами хранения.

Официальные данные 2019 г. фиксировали недостаточность холодовой инфраструктуры и значительный уровень потерь плодоовощной продукции при сборе и хранении (не менее 30%) [2; 3].

Одновременно развиваются современные агрологистические центры, включающие холодильное хранение и обработку продукции [4]. Это означает, что задача отрасли постепенно смещается от простого увеличения вместимости к выбору технологий, обеспечивающих приемлемый баланс сохранности, затрат, энергопотребления и экологических последствий.

В статье под технологиями хранения понимается совокупность операций внутри плодохранилища: приемка и контроль качества, сортировка и калибровка, послеуборочная обработка, предохлаждение, упаковка, размещение, холодильное хранение, регулирование температуры и относительной влажности, управление газовой средой, MAP, CA, ULO, DCA и цифровой мониторинг. Выращивание, уборка, транспортировка за пределами хранилища, торговля и переработка рассматриваются только как внешний контекст.

Цель исследования — обосновать подходы к комплексной оценке экономической и экологической эффективности технологий хранения и послеуборочной обработки плодов в плодохранилищах Узбекистана с учетом сохранности и качества продукции, предотвращенных потерь, затрат, энергопотребления и экологических последствий.

Для достижения цели решаются задачи: систематизировать современные технологии; раскрыть механизм формирования экономического результата через сохранение товарной продукции; определить место энергопотребления и экологических эффектов; обобщить доступные количественные данные Узбекистана и зарубежных исследований; предложить систему комплексной оценки и направления ее применения в отечественных плодохранилищах.

Исходная статья, использованная для новой редакции, содержит развернутый анализ теоретических, технологических, экономических и экологических аспектов проблемы. В настоящем варианте материал сжат до журнального формата, при этом сохранены центральная научная проблема, количественные данные и единая сквозная система ссылок.

Обзор литературы

Теоретическую основу послеуборочной технологии формируют работы А.А. Kader и методические материалы FAO (Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединённых Наций), рассматривающие температуру, относительную влажность, газовую среду и организацию послеуборочных операций как взаимосвязанные факторы сохранности продукции [5; 6]. Современные исследования конкретных культур подтверждают, что оптимальный режим определяется биологическими особенностями плодов и не может быть универсальным [7–11].

Исследования регулируемой и динамически регулируемой атмосферы показывают возможности длительного сохранения качества, но одновременно указывают на риск физиологических повреждений при нарушении газового режима [12; 13]. Значимым фактором является потеря воды, влияющая на массу и товарное качество [14]. Развитие IoT, сенсоров и цифрового управления расширяет возможности непрерывного контроля параметров хранения [15; 16].

Экономические исследования холодильных и CA/ULO-хранилищ в Турции, Индии и Сербии демонстрируют возможность расчета загрузки, выручки, затрат, прибыли, NPV (Чистая приведённая стоимость), IRR (Внутренняя норма доходности) и стоимости хранения [17–19]. Однако прямой перенос этих результатов в Узбекистан ограничен различиями в ценах, тарифах на энергию, структуре сортов, сроках хранения и рыночной конъюнктуре. Поэтому зарубежные результаты в данной работе используются как методические ориентиры, а не как национальные нормативы.

В экологическом направлении ключевым является подход FAO и UNEP (Программа Организации Объединённых Наций по окружающей среде), согласно которому холодная цепь одновременно создает нагрузку вследствие энергопотребления и предотвращает экологические последствия потерь продовольствия [20]. Следовательно, снижение энергопотребления само по себе еще не является достаточным критерием экологического преимущества.

Методология исследования

Методологическая основа исследования включает системный, сравнительный, экономический и экологический подходы. Технология рассматривается как система взаимосвязанных операций и режимов.

Причинная цепочка имеет вид: технология → параметры режима → сохранность и качество → количественные и качественные потери → объем сохраненной товарной продукции → выручка → затраты → экономический результат → энергопотребление → экологическая нагрузка.

Экономический эффект предотвращения потерь целесообразно определять как прирост стоимости реализуемой продукции за вычетом дополнительных инвестиционных и эксплуатационных затрат: $\Delta V = \Delta V - \Delta C$. Величина ΔV должна учитывать не только массу предотвращенных потерь, но и изменение товарной категории и цены реализации. Для инвестиционных решений применяются NPV, IRR, срок окупаемости и коэффициент выгоды к затратам [17–19].

Экологическая оценка должна включать как прямую и косвенную нагрузку технологии, так и предотвращенные последствия потерь. Базовыми показателями являются энергопотребление на тонну хранимой продукции и, предпочтительно, на тонну сохраненного товарного продукта; при наличии исходных коэффициентов — связанные выбросы парниковых газов [20; 21]. Универсальный экологический коэффициент для всех видов плодов использовать некорректно.

Важнейший методологический принцип: «лучшая технология ≠ технология с минимальными потерями». Технология с высокой сохранностью может оказаться экономически неэффективной при недостаточной загрузке или чрезмерных затратах; технология с низким энергопотреблением может иметь неблагоприятный экологический результат, если вызывает значительные потери продукции.

Система показателей включает четыре блока: технологический результат (сохранность, потери, качество, срок хранения); экономический результат (затраты, доход, прибыль, NPV, IRR); энергетико-экологические показатели (энергия, выбросы, хладагенты, предотвращенные экологические последствия); интегральная интерпретация компромиссов. При отсутствии сопоставимых национальных данных показатель не заменяется экспертной цифрой.

Анализ и результаты

1. Технологическая дифференциация

Опубликованные эксперименты показывают существенную вариативность режимов хранения. Для граната исследовались $5\pm 0,3$; $7\pm 0,5$ и $10\pm 0,4$ °C при относительной влажности около 92 ± 3 %; рекомендованным оказался режим около 5 °C и более 92 % RH для 8–12 недель [7]. Для персика Aurora 1 наиболее эффективным по сохранению качества в исследовании оказался режим $10,4\pm 0,5$ °C и $95,8\pm 5,5$ % RH [9]. Для яблока Gala при СА-хранении около 0,5 °C относительная влажность 91–94 % рассматривалась как компромисс, а потеря массы составляла около 3–4 % [11]. Сводные количественные параметры приведены в таблице 1.

Таблица 1

Количественные параметры хранения плодов в экспериментальных исследованиях

Культура	Технология / режим	Температура	RH	Срок / результат
Гранат [7]	Холодильное хранение	$5\pm 0,3$ – $10\pm 0,4$ °C	92 ± 3 %	до 16 нед.; рекомендовано около 5 °C, >92 %
Абрикос [8]	Околонулевая температура	около 0 °C	—	до 90 дней; на 60-й день показатель гнили — 30,2 % от уровня сравнения
Персик Aurora 1 [9]	Холодильное хранение	5,6; 10,4; 21,04 °C	72,8; 95,8; 96,9 %	до 28 дней; наиболее эффективен режим 10,4 °C
Слива Stanley [10]	Послеуборочная обработка	условия исследования	условия исследования	потеря массы 4,0 % против 6,0 % в контроле
Яблоко Gala [11]	СА	0,5 °C	87–96 %	240 дней; при 91–94 % потеря массы около 3–4 %

Источник: Составлено авторами по опубликованным исследованиям [7–11].

Как видно из таблицы 1, режимы хранения существенно различаются в зависимости от вида плодов, что подтверждает необходимость их дифференцированного выбора. Минимальная температура не является универсальным критерием эффективности, поскольку сохранность продукции определяется сочетанием температуры, относительной влажности, газовой среды, продолжительности хранения и чувствительности конкретной культуры. Следовательно, выбор технологического режима должен осуществляться с учетом не только требований к сохранности и качеству плодов, но и затрат на поддержание соответствующих параметров хранения и величины предотвращаемых потерь.

2. Инфраструктурные и инвестиционные условия Узбекистана

Развитие технологий хранения и послеуборочной обработки плодов в Узбекистане непосредственно связано с обеспеченностью современной холодильной инфраструктурой и объемом инвестиций в ее модернизацию. В 2019 г. в стране насчитывался 31 агрологистический центр и около 1,5 тыс. холодильных складов, однако их совокупная вместимость позволяла хранить лишь около 4,5% производимых фруктов и овощей. Одновременно государством была поставлена задача расширения сети современных агрологистических центров и холодильных мощностей [2]. При дальнейшем росте производства эта проблема сохраняет актуальность: в 2025 г. в Узбекистане произведено 3 479,6 тыс. т фруктов и ягод, что на 6,4% больше уровня предыдущего года [1].

Важным инвестиционным проектом текущего этапа формирования инфраструктуры является реализуемый при поддержке ADB (Азиатского банка развития) проект «Инфраструктура цепочки создания стоимости в плодоовощном секторе» (51041-002). Проект соответствует государственной политике ускоренного развития плодоовощеводства, закрепленной Указом Президента Республики Узбекистан от 29 марта 2018 г. №УП-5388 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности плодоовощеводства» [22].

Общая стоимость проекта ADB составляет 244,75 млн долл. США. Проект предусматривает создание агрологистических центров в Андижанской и Самаркандской областях, объединяющих торговлю, хранение, переработку, контроль безопасности пищевой продукции, таможенное оформление, транспортировку и другие послеуборочные операции. Согласно проектным параметрам, Андижанский центр включает около 25 тыс. м² торговых площадей, 60 тыс. м³ холодильного хранения и 12 линий переработки, а Самаркандский — 35,6 тыс. м², 60 тыс. м³ холодильного хранения и 17 линий переработки. Расчетная годовая пропускная способность составляет соответственно около 680 тыс. т в Андижане и 1 млн т в Самарканде; при этом ADB указывает возможность хранения до 3 млн т продукции в год в рамках создаваемых холодильных мощностей [4].

Экономическая направленность проекта связана не только с увеличением инфраструктурных мощностей, но и с сокращением послеуборочных потерь, снижением затрат на обработку и обращение продукции, увеличением объемов реализации и расширением экспорта. В проектной документации ADB отмечается необходимость решения проблемы высоких послеуборочных потерь и перехода к современным стандартам хранения, обработки и обращения продукции [4]. При этом исходные оценки потерь, использованные при разработке проекта, следует отличать от фактически предотвращенных потерь после ввода объектов. Проект остается активным: срок закрытия предусмотрен на 31 декабря 2029 г.

Дополнительным практическим примером инвестиционной модернизации холодильной инфраструктуры является проект Eco Business-M LLC, расположенного в Кибрайском районе Ташкентской области. Компания закупает плодоовощную продукцию в сезон и осуществляет ее длительное холодильное хранение для реализации во внесезонный период. В рамках проекта создана новая холодильная камера вместимостью 2 200 т. Общий объем инвестиций составил около 1 млн долл. США, в том числе инвестиция в рамках GEFF (программа ЕБРР) – 513 484 долл. США;

проект частично финансировался через Iprak Yuli Bank. Энергоэффективность нового оборудования на 38% выше базового уровня, расчетная экономия составляет 4 805 ГДж энергии в год, сокращение выбросов – 199 т CO₂ в год, а срок окупаемости – 6 лет [23].

С экономической точки зрения проект демонстрирует возможность одновременного получения производственного, экономического и экологического эффектов за счет расширения мощности хранения и снижения энергозатрат. При этом данные GEFF не содержат количественной оценки фактически предотвращенных потерь плодов. В качестве сценарной оценки при вместимости 2 200 т и снижении потерь с 20 до 10% дополнительно сохраняется 220 т продукции. При условной стоимости 500 долл. США/т стоимость предотвращенных потерь составит 110 тыс. долл. США. Этот показатель является расчетным, а не фактическим результатом проекта и требует уточнения на основе данных о реальных потерях, ассортименте и ценах реализации.

Количественная характеристика инвестиционных, энергетических и экологических параметров проекта Eco Business-M приведена в таблице 2.

Таблица 2.

Основные экономические и экологические параметры проекта Eco Business-M

Показатель	Значение
Местоположение	Кибрайский район, Ташкентская область
Вместимость новой холодильной камеры	2 200 т
Общая стоимость проекта	около 1 млн долл. США
Размер инвестиции GEFF	513 484 долл. США
Повышение энергоэффективности	38%
Экономия энергии	4 805 ГДж/год
Сокращение выбросов CO ₂	199 т/год
Расчетный срок окупаемости	6 лет
Сценарно предотвращенные потери	220 т
Сценарная стоимость предотвращенных потерь*	110 тыс. долл. США

** При снижении потерь с 20 до 10% и условной стоимости продукции 500 долл. США/т; не является фактическим показателем проекта.*

Как видно из таблицы 2, проект сочетает расширение холодильных мощностей с повышением энергоэффективности, что создает предпосылки для одновременного получения экономического и экологического эффектов.

3. Международные экономические ориентиры

Для формирования отечественной системы оценки важны количественные показатели зарубежных объектов. В исследовании 59 хранилищ в Турции средняя вместимость обычных объектов составляла около 4 978 т при загрузке 86,72 %, а СА-хранилищ – около 7 125 т при загрузке 96,49 %; для СА опубликованы NPV 2 423 434 долл. США, IRR 12,36 % и В/С 1,39 [17]. В Индии для СА-хранилища яблок вместимостью 5 000 т средняя загрузка составляла 65 %, выручка – 1 275,3 lakh INR, общие затраты – 952,13 lakh INR, чистая прибыль – 323,17 lakh INR [18]. Для ULO-хранилища в Сербии вместимостью 3 200 т опубликованы годовая прибыль 50,84 млн RSD и стоимость хранения 7,01 RSD/кг [19]. Сопоставимые показатели представлены в таблице 3.

Таблица 3

Экономические показатели зарубежных объектов хранения плодов

Страна / технология	Вместимость / загрузка	Выручка / прибыль	Инвестиционно-оценочные показатели
Турция; обычное хранение [17]	≈4 978 т; 86,72 %	—	NPV ≈166 048 долл.; IRR 6,63 %; В/С 1,03
Турция; СА [17]	≈7 125 т; 96,49 %	—	NPV 2 423 434 долл.; IRR 12,36 %; В/С 1,39
Индия; СА яблок [18]	5 000 т; 65 %	Выручка 1 275,3; прибыль 323,17 lakh INR	Общие затраты 952,13 lakh INR
Сербия; ULO [19]	3 200 т	Прибыль 50,84 млн RSD/год	Инвестиции ≈1,78 млн евро; хранение 7,01 RSD/кг

Источник: Составлено авторами по опубликованным исследованиям [17–19].

Как видно из таблицы 3, зарубежные проекты и исследования демонстрируют возможность количественной оценки экономических результатов хранения, в том числе затрат, доходности и влияния степени загрузки холодильных мощностей. Вместе с тем различия в валюте, уровне цен, тарифах на энергию, видах плодов и рыночных условиях ограничивают возможность прямого сопоставления абсолютных показателей и их непосредственного переноса на условия Узбекистана. Поэтому зарубежные данные целесообразно использовать прежде всего для выявления общих закономерностей и формирования методических подходов к оценке эффективности технологий хранения.

4.4. Экологический результат и комплексная оценка

Холодильное хранение формирует экологическую нагрузку главным образом через энергопотребление холодильных агрегатов, вентиляторов, насосов и систем управления; дополнительным фактором являются характеристики хладагентов. Одновременно сохранение продукции предотвращает экологические последствия производства продукции, которая могла бы быть потеряна. Поэтому экологическую эффективность следует выражать не только через кВт·ч на тонну продукции, но и через энергозатраты на тонну сохраненного товарного продукта [20; 21].

Исследования энергоэффективности холодильных объектов показывают потенциал экономии энергии от отдельных мероприятий в широком диапазоне 8–82 %, что зависит от исходного состояния объекта и конкретной меры [21]. В проекте GEFF Eco Business-M для конкретного холодильного объекта указаны экономия 4 805 ГДж/год и снижение выбросов CO₂ на 199 т/год [23]. Эти данные являются проектными ориентирами, а не национальными нормативами.

На основании рассмотренных технологических, экономических и экологических критериев целесообразно использовать сравнительную матрицу, представленную в таблице 4. Она носит аналитический характер и не является национальным рейтингом.

Таблица 4

Сравнительная экономико-экологическая оценка технологий хранения

Технология	Сохранность / качество	Экономика	Энергетика / экология	Условия целесообразности
Холодильное хранение	Высокий потенциал при соблюдении режима [7–11]	Зависит от загрузки, цен и потерь	Энергозатратно; важна энергоэффективность [20;21]	Достаточная загрузка и оптимальный режим
CA / ULO / DCA	Может увеличивать длительность хранения; есть риск физиологических повреждений [12;13]	Положительные результаты отдельных зарубежных проектов [17;19]	Дополнительные ресурсы и оборудование	Культура, срок хранения и рынок оправдывают сложность
Цифровой мониторинг	Снижает риск отклонений режима [15;16]	Потенциал снижения потерь и аварийных затрат	Нагрузка относительно мала; эффект через управление	Критичные камеры и товарные группы
Энергоэффективная модернизация	Качество зависит от стабильности режима	Снижает эксплуатационные затраты; пример окупаемости 6 лет [23]	Потенциал снижения энергии и CO ₂	После энергоаудита и при достаточном эффекте
Традиционное хранение	При длительном хранении выше риск потерь	Низкие капитальные затраты, но возможны высокие потери	Ниже прямая энергозатратность, но возможны экологические потери	Краткие сроки и невысокие требования к сохранности

Источник: Составлено авторами.

Таблица 4 показывает, что выбор технологии должен осуществляться по совокупности критериев. CA/ULO/DCA оправданы не самим фактом технологической сложности, а тогда, когда дополнительная сохранность и рыночный эффект превышают дополнительные затраты и ресурсную нагрузку. Энергоэффективная модернизация имеет высокий приоритет там, где энергоаудит подтверждает существенный резерв экономии.

5. Направления совершенствования системы хранения

Для Узбекистана приоритетными являются пять взаимосвязанных направлений: модернизация холодильной инфраструктуры; энергоаудит и повышение энергетической эффективности; дифференциация режимов по видам и сортам плодов;

цифровой мониторинг температуры и относительной влажности; национальный мониторинг потерь и экономических результатов [1-4; 15; 20; 21; 24].

Минимальный набор данных по каждому крупному объекту должен включать культуру и сорт, объем поступления и закладки, режим температуры и влажности, продолжительность хранения, энергопотребление, массу и причины выбытия, объем реализации, цены по товарным категориям, эксплуатационные затраты и инвестиционные денежные потоки. Это позволит перейти от методологической модели к эмпирической оценке.

Особенно важно разделять количественные потери, качественную деградацию и потери стоимости. FAO рекомендует структурировать данные о потерях по отдельным стадиям цепи [24]. Для настоящего объекта исследования границей измерения должна быть именно деятельность внутри плодохранилища, что позволит избежать смешения эффектов хранения с эффектами транспортировки и торговли.

Заключение и рекомендации

Проведенный анализ показывает, что экономическая и экологическая эффективность технологий хранения плодов представляет собой многокритериальную проблему. Технология воздействует одновременно на сохранность и качество продукции, величину количественных и качественных потерь, стоимость реализуемой продукции, инвестиционные и эксплуатационные затраты, энергопотребление и экологическую нагрузку.

Экспериментальные исследования подтверждают необходимость дифференциации режимов по культурам; экономические исследования – возможность количественной оценки прибыли, NPV, IRR, загрузки и стоимости хранения; экологические исследования – необходимость учитывать энергопотребление и предотвращенные последствия потерь. При этом зарубежные количественные данные не должны механически переноситься на Узбекистан.

Для отечественных плодохранилищ предлагается трехуровневая процедура оценки: на первом уровне фиксируются технологические результаты и потери; на втором рассчитываются экономические показатели и энергетические затраты; на третьем проводится комплексная интерпретация экономических и экологических эффектов. Такой порядок позволяет сохранить экономический смысл исходных показателей и одновременно выявить компромиссы.

Практические рекомендации:

- 1) внедрять учет потерь по культурам, сортам и качественным категориям;
- 2) проводить энергоаудит до капитальной модернизации;
- 3) выбирать CA/ULO/DCA с учетом конкретного рынка и срока хранения;
- 4) поэтапно внедрять цифровой мониторинг;
- 5) формировать единую национальную базу по загрузке, потерям, энергии, затратам и результатам реализации.

Главный научно-методический вывод: оптимальной является не технология с минимальными потерями или минимальным энергопотреблением сама по себе, а технология, обеспечивающая приемлемый баланс сохранности, экономического результата и экологической нагрузки.

Список использованной литературы

1. Национальный комитет Республики Узбекистан по статистике. Социально-экономическое положение Республики Узбекистан. IV. Основные показатели сельского, лесного и рыбного хозяйства в Республике Узбекистан : за январь–декабрь 2025 года. Ташкент, 2026. URL: [официальный URL].
2. Будут организованы современные агрологистические центры, кооперация в сельском хозяйстве будет расширена // Официальный веб-сайт Президента Республики Узбекистан. 2019. 4 июля. URL: <https://president.uz/ru/lists/view/2697>.
3. Определены меры по дальнейшему развитию плодовоовощеводства и увеличению экспорта отрасли // Официальный веб-сайт Президента Республики Узбекистан. 2019. 5 ноября. URL: <https://president.uz/ru/2992>.
4. Asian Development Bank. Horticulture Value Chain Infrastructure Project (Uzbekistan). Project 51041-002. Manila : Asian Development Bank. URL: <https://www.adb.org/projects/51041-002/main>.
5. FAO. Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops: A Training Manual. Rome, 1989. 157 p. (FAO Training Series ; no. 17/2). ISBN 92-5-102766-8.
6. Kader A. A. Postharvest Technology of Horticultural Crops. 3rd ed. Oakland : University of California, Agriculture and Natural Resources, 2002. 535 p. ISBN 1-879906-51-1.
7. Fawole O. A., Opara U. L. Effects of storage temperature and duration on physiological responses of pomegranate fruit // Industrial Crops and Products. 2013. Vol. 47. P. 300–309. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.03.028.
8. Fan S., Zhang B., Zhang J. [и др.]. Improving fresh apricot (*Prunus armeniaca* L.) quality and antioxidant capacity by storage at near freezing temperature // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 231. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.scienta.2017.12.015.
9. Silva D. F. P., Ribeiro M. R., Silva J. O. C. e, Matias R. G. P., Bruckner C. H. Cold storage of peaches cv. Aurora grown in the Zona da Mata Mineira, Minas Gerais State, Brazil // Revista Ceres. 2013. Vol. 60, No. 6. DOI: 10.1590/S0034-737X2013000600012.
10. Sogvar O. B., Rabiei V., Razavi F., Gohari G. Phenylalanine alleviates postharvest chilling injury of plum fruit by modulating antioxidant system and enhancing the accumulation of phenolic compounds // Food Technology and Biotechnology. 2020. Vol. 58, No. 4. P. 433–444. DOI: 10.17113/ftb.58.04.20.6717.
11. Argenta L. C. [и др.]. Relative humidity and controlled atmosphere effects on quality and disorders of ‘Gala’ apples during long-term storage // Postharvest Biology and Technology. 2024. Vol. 209. Art. 112734. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2023.112734.
12. Mditshwa A., Magwaza L. S., Tesfay S. Z., Opara U. L. Postharvest quality and safety of fresh horticultural produce under controlled atmosphere storage: a review // Food Packaging and Shelf Life. 2018. Vol. 16. P. 59–68. DOI: 10.1016/j.fpsl.2018.01.011.
13. Weber A., Thewes F. R., de Oliveira Anese R., Both V., Pavanello E. P., Brackmann A. Dynamic controlled atmosphere (DCA): interaction between DCA methods and 1-methylcyclopropene on ‘Fuji Suprema’ apple quality // Food Chemistry. 2017. Vol. 235. P. 136–144. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.05.047.
14. Lufu R., Ambaw A., Opara U. L. Water loss of fresh fruit: influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors // Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 272. Art. 109519. DOI: 10.1016/j.scienta.2020.109519.

15. Lamberty A., Kreyenschmidt J. IoT-based monitoring and control approaches for food cold chains // Foods. 2022. Vol. 11, No. 12. Art. 1777. DOI: 10.3390/foods11121777.
16. Hoffmann T. G., Krebs de Souza C., Sonawane A. D., Praeger U., Büchele F., Neuwald D. A., Jedermann R., Linke M., Sturm B., Mahajan P. V. Challenges and future perspectives in postharvest cold storage: technological review on sustainable and efficient cold storage of fresh produce // Food Research International. 2025. Vol. 221, Part 3. Art. 117406. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.117406.
17. Ormeci Kart M. C., Demircan V. An economic comparison of conventional and modern cold storage facilities in Turkey // Custos e Agronegocio Online. 2014. Vol. 10, No. 1. P. 118–135.
18. Naqash F., Wani S. A., Hamid N. Economics of controlled atmosphere storage of apple in Jammu and Kashmir State // Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 308–312.
19. Kokot Ž., Marković T. Economic justification of apple storage // Emerging Technologies and the Development of Agriculture : Thematic Proceedings of the 152nd EAAE Seminar. Novi Sad, 30 August–1 September 2016. P. 233–246.
20. UNEP ; FAO. Sustainable Food Cold Chains: Opportunities, Challenges and the Way Forward. Nairobi ; Rome, 2022. 122 p. DOI: 10.4060/cc0923en.
21. Evans J. A., Hammond E. C., Gigiel A. J. M., Foster A. M., Reinholdt L., Fikiin K., Zilio C. Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores // Applied Thermal Engineering. 2014. Vol. 62, No. 2. P. 697–705. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2013.10.023.
22. Указ Президента Республики Узбекистан от 29 марта 2018 г. № УП-5388 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию и повышению эффективности плодородоводства» // Официальный веб-сайт Президента Республики Узбекистан. – 2018. – 29 марта. – URL: <https://president.uz/ru/lists/view/1605>.
23. European Bank for Reconstruction and Development. Serving Fruit and Vegetable Producers Efficiently : GEFF in Uzbekistan. Eco Business-M LLC. URL: https://ebrdgeff.com/uzbekistan-geff1/projects/fruits_vegetables_producers.
24. FAO. SDG Indicator 12.3.1(a): Food Loss Index. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations. URL: [официальный URL].