



Quyosh va zamonaviy sovutish texnologiyalaridan foydalangan holda energiya tejamkor meva-sabzavot saqlash omborlari

Bobur T. Shodiyev^{1,a)}, Akram M. Mirzabayev^{1,a)}

^{1,a)} DSc, prof., "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institute" Milliy tadqiqot universiteti elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari kafedrası, Tashkent 100000, Uzbekistan mirzabaev.akram@gmail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5223-7160>

¹⁾ assistent ., "Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari institute" Milliy tadqiqot universiteti elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari kafedrası, Tashkent 100000, Uzbekistan bobushodiyev2994@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-8973-6861>

Dolzarbli: maqolada zamonaviy sovutish usullari va qayta tiklanadigan energiya manbalaridan, xususan, quyosh sovutish tizimlaridan foydalangan holda sabzavotlarni saqlashning energiya tejaydigan texnologiyalari ko'rib chiqiladi. O'zbekistonda elektr energiyasining katta hajmlarini iste'mol qiladigan sanoat sovutishining hozirgi holati tahlil qilinadi va 2050 yilga kelib sovutish talabining sezilarli darajada oshishi kutilmoqda. Mavjud tizimlarning asosiy muammolari, masalan, uskunalarning yuqori energiya sarfi va eskirgan texnologiyalar taqdim etiladi va sabzavot do'konlarining samaradorligini oshirish uchun kontseptual echimlar taklif etiladi.

Maqsad: quyosh sovutish texnologiyalari, shu jumladan elektr va issiqlik tizimlari, shuningdek ularning ishlash tamoyillari va qo'llanilishi batafsil bayon etilgan. Issiq iqlimi bo'lgan mintaqalar uchun eng istiqbolli bo'lgan sorbsiya va adiabatik sovutish tizimlariga alohida e'tibor qaratildi. Dastlabki investitsiyalarning yuqori narxiga qaramay, quyosh sovutish tizimlarini joriy etishning iqtisodiy va ekologik maqsadga muvofiqligi asoslanadi.

Usullari: tegishli qism bo'yicha tanqidiy tahlil shuni ko'rsatadiki, 2030 yildan keyin quyosh sovutish texnologiyasida sezilarli o'sish kutilmoqda. Bu texnologik xarajatlarning kutilayotgan pasayishi va energiya xarajatlarning oshishi bilan bog'liq. Quyosh sovutish tizimlarining o'rnatilgan quvvatining kutilayotgan o'sishi 2050 yilga kelib 1000 GVt dan oshadi yoki quyosh sovutish quvvati yiliga 1,5 EDJ ni tashkil qiladi.

Natijalar: sozlanishi mumkin bo'lgan kompressorlar va yuqori samarali quyosh issiqlik energiyasi bilan zamonaviy sovutish tizimlarini qo'llash an'anaviy qurilmalarga nisbatan energiya sarfini 15-25% ga kamaytirishi mumkin.

Kalit so'zlar: energiya samaradorligi, meva-sabzavot saqlash omborlari, quyosh sovutish, qayta tiklanadigan energiya, sorbsion sovutish tizimlari.

For citation: B.T. Shodiev, A.M. Mirzabaev, Energy-efficient vegetable storage facilities using solar and modern cooling technologies. Scientific and technical journal of Problems of Energy and Sources Saving, 2025, no. 2, pp. 46-54.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15743073>

Received: 18.04.2025

Revised: 02.05.2025

Accepted: 04.06.2025

Published: 24.06.2025

Copyright: © Bobur T. Shodiev, Akrom M. Mirzabaev, 2025. Submitted to Problems of Energy and Sources Saving for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Энергоэффективные овощехранилища с применением современных, солнечных технологий охлаждения

Бобур Т. Шодиев¹, Акром М. Мирзабаев^{1,a)}

^{1,a)} DSc, проф., Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, 100000, Узбекистан; mirzabaev.akram@gmail.ru <https://orcid.org/0000-0002-5223-7160>

¹⁾ ассистент. Национальный исследовательский университет "Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, 100000, Узбекистан; bobushodiyev2994@gmail.com <https://orcid.org/0009-0008-8973-6861>

Актуальность: в статье рассматриваются энергоэффективные технологии хранения овощей с использованием современных методов охлаждения и возобновляемых источников энергии, в частности солнечных систем охлаждения. Анализируется текущее состояние промышленного охлаждения в Узбекистане, которое потребляет значительные объемы электроэнергии, и прогнозируется значительное увеличение спроса на охлаждение к 2050 году. Представлены основные проблемы существующих систем, такие как высокая энергоемкость оборудования и устаревшие технологии, и предложены концептуальные решения для повышения энергоэффективности овощехранилищ.

Цель: подробно описаны технологии солнечного охлаждения, включая электрические и тепловые системы, а также их принципы работы и область применения. Отдельное внимание уделено сорбционным и адиабатическим системам охлаждения как наиболее перспективным для регионов с теплым климатом. Обоснована экономическая и экологическая целесообразность внедрения солнечных систем охлаждения, несмотря на высокую стоимость начальных вложений.

Методы: критический анализ по части касающейся показывает, что после 2030 года ожидается существенный рост технологий солнечного охлаждения. Это связано с ожидаемым снижением технологических затрат и ростом затрат на электроэнергию. Ожидаемое увеличение установленной мощности систем солнечного охлаждения составит более 1000 ГВт·ч к 2050 году, или 1,5 ЭДж в год производительности солнечного охлаждения.

Результаты: применение современных систем охлаждения с регулируемыми компрессорами и высокоэффективными вентиляторами могут снизить расход энергии на 15–25% по сравнению с традиционными установками.



Ключевые слова: энергоэффективность, овощехранилища, солнечное охлаждение, возобновляемые источники энергии, системы сорбционного охлаждения.

Energy-efficient vegetable storage facilities using solar and modern cooling technologies

Bobur T. Shodiev¹, Akrom M. Mirzabaev^{1,a)}

^{1,a)} DSc, prof., Department of Power Supply and Renewable Energy Sources, National Research University “Tashkent Institute of irrigation and agricultural mechanization engineers”, 100000 Tashkent, Uzbekistan mirzabaev.akram@gmail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5223-7160>

¹⁾ assistant Department of Power Supply and Renewable Energy Sources, National Research University “Tashkent Institute of irrigation and agricultural mechanization engineers”, 100000 Tashkent, Uzbekistan bobushodiyev2994@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-8973-6861>

Relevance: the article discusses energy-efficient technologies for storing vegetables using modern cooling methods and renewable energy sources, in particular solar cooling systems. The current state of industrial cooling in Uzbekistan, which consumes significant amounts of electricity, is analyzed, and a significant increase in demand for cooling is projected by 2050. The main problems of existing systems, such as high energy consumption of equipment and outdated technologies, are presented, and conceptual solutions for increasing the energy efficiency of vegetable storages are proposed.

Aim: solar cooling technologies, including electrical and thermal systems, as well as their principles of operation and scope of application are described in detail. Special attention is paid to sorption and adiabatic cooling systems as the most promising for regions with a warm climate. The economic and environmental feasibility of introducing solar cooling systems is substantiated, despite the high cost of initial investments.

Methods: a critical analysis shows that after 2030, a significant increase in solar cooling technologies is expected. This is due to the expected reduction in technological costs and an increase in energy costs. The expected increase in the installed capacity of solar cooling systems will be more than 1,000 GW by 2050, or 1.5 EJ per year of solar cooling capacity.

Results: the use of modern cooling systems with adjustable compressors and highly efficient fans can reduce energy consumption by 15-25% compared to traditional installations.

Key words: energy efficiency, vegetable storage, solar cooling, renewable energy sources, sorption cooling systems.

1. Введение (Introduction)

В Узбекистане промышленное охлаждение потребляет значительную долю электроэнергии, хотя конкретные данные о процентной доле общего электропотребления могут варьироваться. Согласно исследованиям, сектор охлаждения и кондиционирования воздуха, включая промышленные системы хранения, потребляет значительный объем энергии. Коммерческое охлаждение в 2040 году прогнозируется на уровне 0,26% от общего электропотребления страны, что составляет около 182 ГВт*ч в год [1]. Эти системы включают также холодильные склады для хранения продуктов, особенно фруктов и овощей, и требуют значительных ресурсов для поддержания температуры и качества продукции. Как известно в регионах республики широко практикуется эксплуатация малогабаритных и промышленных холодильных помещений для хранения овощей и фруктов с целью их дальнейшего экспорта для внешнего и внутреннего рынка в холодные периоды года. Основные проблемы в данной области связаны с высокой энергоемкостью оборудования и устаревшими технологиями, что приводит к большим расходам электроэнергии в них. Обобщение опыта эксплуатации в рассматриваемой области показывает, что введение более энергоэффективных решений, таких как системы на основе солнечной энергии, может существенно сократить энергопотребление и повысить устойчивость сектора охлаждения [1].

2. Методы и материалы (Methods and materials)

Критический анализ показывает, что после 2030 года ожидается существенный рост технологий солнечного охлаждения [2]. Это связано с ожидаемым снижением технологических затрат и ростом затрат на электроэнергию. Ожидаемое увеличение установленной мощности систем солнечного охлаждения составит более 1000 ГВтч к 2050 году, или 1,5 ЭДж в год производительности солнечного охлаждения (рис.1 и 2).

К 2050 году в регионе Китая и развивающихся азиатских стран доля солнечной энергии в системах охлаждения составит порядка 30 %. Данный показатель для Африки и Ближнего Востока составит до 23 %. Для Латинской Америки доля солнечного охлаждения составит порядка 16 % из-за более низких экономических показателей этого региона [3].

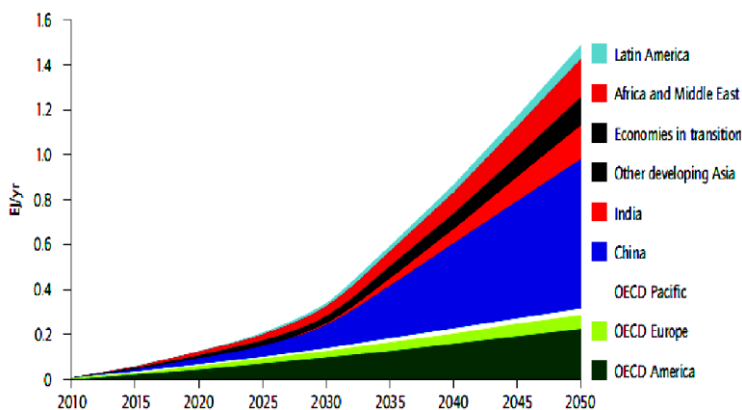


Рис.1. Перспективы развития солнечного охлаждения [2]

Fig. 1. Prospects for the development of solar cooling [2]

Таким образом, окончательный спрос на энергию для охлаждения увеличится почти до 9 ЭДж к 2050 году, при этом солнечное охлаждение составляет почти 17% от общего потребления энергии для охлаждения.

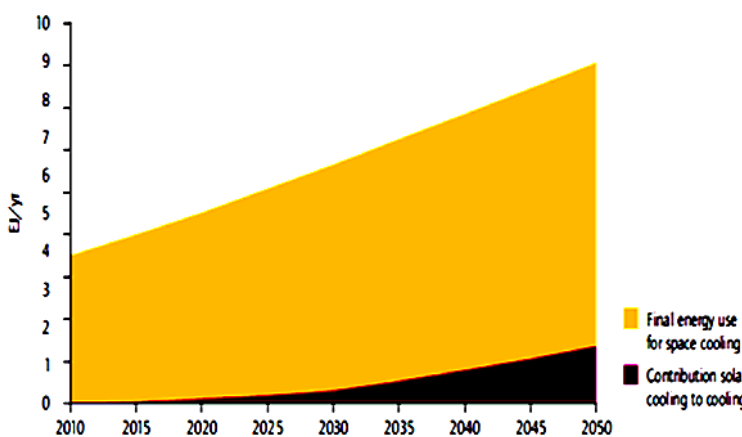


Рис.2. Доля солнечной энергии в потреблении энергии [2]

Fig. 2. The share of solar energy in energy consumption [2]

Для повышения энергоэффективности в мире применяются новые технологий и осуществляется модернизация существующих систем с использованием технологий ВИЭ. Как известно для поддержания свежести и качества овощей и фруктов в хранилищах важно учитывать определенные стандартные показатели температурного режима и влажности [4]. При этом важным фактором является равномерное распределение воздуха по всему хранилищу для поддержания стабильной температуры и влажности. Системы управления воздушным потоком помогают избежать образования точек с разной температурой, что может привести к ухудшению качества продукции. Обеспечение оптимальных условий для продления срока хранения продукции и снижения потерь, критически важно для поддержания экономической эффективности хранилищ [5].

Вышеуказанное диктует необходимость разработки концептуальных решений для разработки и создание овощехранилищ с повышенной эффективностью, сохраняя при этом экономическую рентабельность конечной продукции на рынке.

Отметим, что удельный расход энергии в хранилищах для обеспечения необходимого температурного и влажностного режима зависит от нескольких факторов, включая размер помещения, тип хранящейся продукции и технологические характеристики системы охлаждения.

При этом необходимо также отметить, что влажность играет важную роль в предотвращении высыхания и потери массы плодов. Для большинства плодов и овощей рекомендуется относительная влажность не менее 85–95%. Также в овощехранилищах фрукты, выделяющие этилен (например, яблоки, бананы), не должны храниться вместе с чувствительными к этилену



овощами и фруктами, так как это может ускорить их созревание и порчу [6]. Немаловажным фактором в овощехранилищах является их системы охлаждения, в котором удельный расход энергии для обеспечения необходимого температурного и влажностного режима в хранилищах зависит от нескольких факторов, включая размер помещения, тип хранящейся продукции и технологические характеристики системы охлаждения. В среднем, для современных холодильных складов, поддерживающих температуру от 0 до 10°C и влажность выше 85%, потребление энергии составляет около 30–50 кВт·ч/м² в год. Эти показатели могут варьироваться в зависимости от показателей параметров теплоизоляции здания, хорошо изолированные склады требуют меньших затрат на поддержание температуры [7].

3. Результаты (Results)

Существующие методы охлаждения. Применение современных систем охлаждения с регулируемыми компрессорами и высокоэффективными вентиляторами могут снизить расход энергии на 15–25% по сравнению с традиционными установками [8].

Использование технологий управления климатом, так далее системы управления воздушным потоком помогают поддерживать равномерное охлаждение, что может уменьшить энергопотребление и предотвратить образование точек перегрева или переохлаждения [9].

Таким образом для эффективного энергопотребления важно использование энергоэффективных технологий, таких как инверторные компрессоры и автоматизированные системы управления, которые способны значительно уменьшить удельные затраты энергии, поддерживая оптимальные условия хранения овощей и фруктов [9].

На рис.3, представлены существующие технологии солнечных систем охлаждения, при этом питание охлаждающих машин на основе солнечной энергии осуществляется по двум различным процессам: электрическому и тепловому.

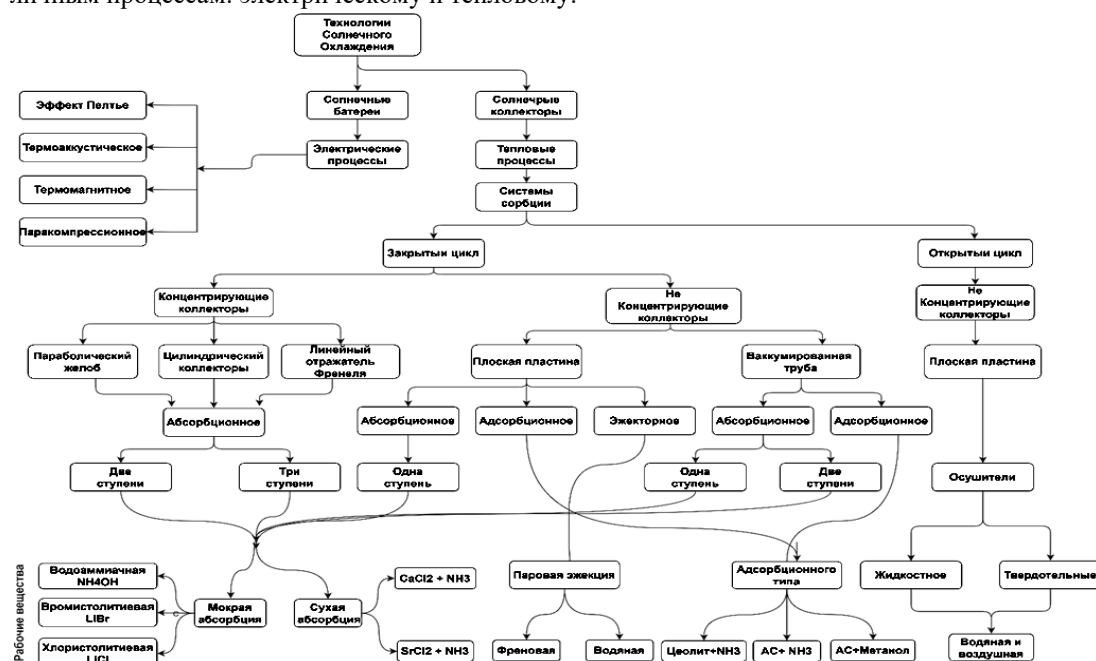


Рис. 3. Существующие технологии солнечных систем охлаждения [9]

Fig. 3. Existing technologies of solar cooling systems [9]

Как видно из рис.3. наиболее распространенными системами охлаждения в настоящее время являются фотоэлектрические солнечные системы охлаждения, системы сорбционного охлаждения, пассивные радиационные системы охлаждения и адиабатические системы охлаждения.

На рис. 4 показана принципиальная схема обычной компрессионной холодильной машины, питаемой от фотоэлектрического генератора электроэнергии [10]. Системы охлаждения, основанные на сжатии жидкости в паровом состоянии, чтобы затем подавить ее обратно в конденсатор, где она разогревается и конденсируется, чтобы перейти в жидкое состояние. Испарение

жидкости достигается в результате ее прохождения через регулятор для получения холода. При отсутствии инвертора привод компрессора должен обеспечиваться более дорогостоящим двигателем постоянного тока. Прерывистый характер солнечного излучения требует хранения либо электроэнергии на батарее, либо хранения в виде холода, либо в виде хладагента под давлением. Учитывая стоимость батарей и их обслуживание, хранение батареи ограничено низкой мощностью. Продолжительность хранения зависит от использования и климата.

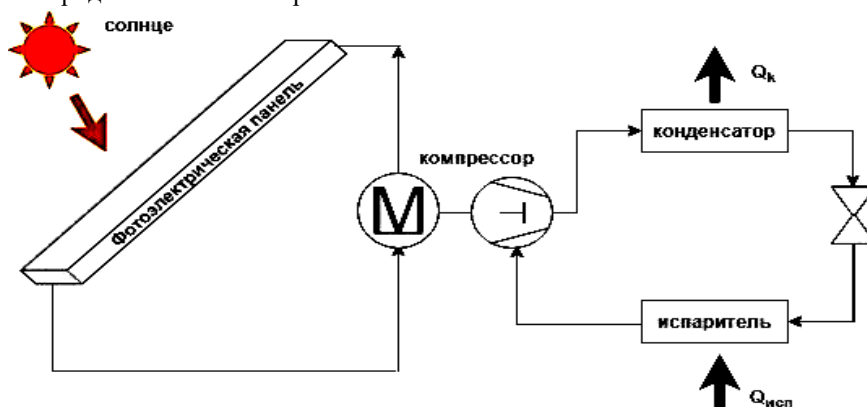


Рис. 4. Схема парокомпрессионной системы с солнечным приводом [10]

Fig. 4. Diagram of a steam compression system with a solar drive [10]

Магнитное охлаждение - это новая технология, которая использует магнитокалорийный эффект, присущий магнитным материалам, который приводит к мгновенному и обратимому изменению их температуры и энтропии под действием изменения магнитного поля [11]. Этот эффект максимален вокруг температуры Кюри материала.

Магнитокалорийный эффект схематически представлен на рис.5 [11]. Если магнитный материал подвергается воздействию магнитного поля, магнитные спины электронов атомов, сначала дезориентированные, выравниваются. Эта реакция экзотермична, и тепло может выделяться в окружающую атмосферу. Если магнитное поле затем удаляется, этот процесс является эндотермическим, и температура материала будет снижаться, потому что магнитные спины дезориентируются. Тепло от теплового заряда может быть извлечено с помощью теплоносителя, такого как вода, воздух или другие вещества в зависимости от применения [14].

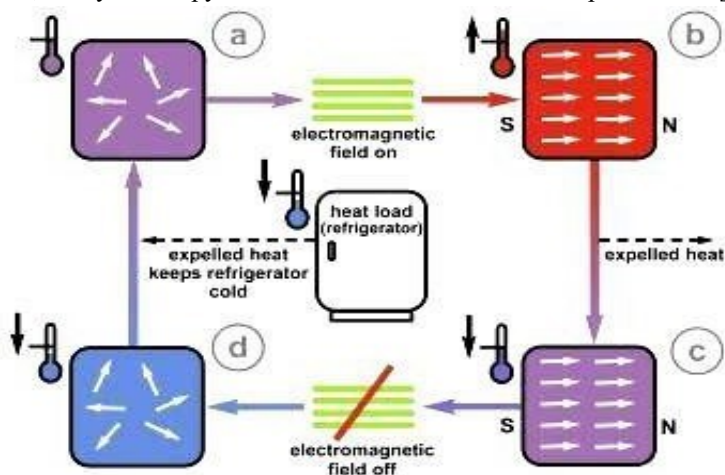


Рис. 5. Схематическое изображение процесса магнитного охлаждения [11]

Fig. 5. Schematic representation of the magnetic cooling process [11]

На рис.5 представлена принципиальная схемы системами охлаждения: *a*-солнечные электрические системы охлаждения, *b-c* системы сорбционного охлаждения, *d*-пассивные радиационные системы охлаждения и *c*-адиабатические системы охлаждения.

Впервые принципы магнитного охлаждения с циклическим изменением магнитного поля были предложены в 60-х годах. В НАСА в 1976 году продемонстрирован магнитный холодильник, обеспечивающий диапазон 50 К в области комнатных температур. Такого типа холодильники малой мощности были построены в США в 80-90-х годах [13].



В настоящее время много работ было сделано в этой области для улучшения этой технологии охлаждения. Значительные работы по активным регенераторам были проведены в [11]. В частности, были проведены исследования магнитных холодных устройств на основе высокотемпературных сверхпроводящих материалов [12–14].

Электрическая солнечная система охлаждения состоит в основном из фотоэлектрических панелей и электрического холодильного устройства. Эти фотоэлектрические панели состоят из солнечных элементов, которые в основном являются полупроводниками, эффективность и стоимость которых широко варьируются в зависимости от материала и методов производства. Большинство солнечных элементов, доступных на рынке, изготовлены из кремния. Существуют различные виды электрических технологий охлаждения, которые могут быть использованы в сочетании с солнечными панелями, такими как парокомпрессионное, эффект Пельтье, и охладители на калорических эффектах (магнитокалорические, электрокалорические и пьезокалорические) [15].

Адиабатические системы охлаждения предназначены в основном для охлаждения больших помещений, таких как конференц-залы, центры обработки данных или серверные комнаты, лаборатории. Адиабатическое охлаждение обеспечивает очень качественный воздух в помещениях, потому что он работает со 100 % приточным. Можно также работать в режиме "free-cooling" (с использованием наружного холодного воздуха) на первом этапе охлаждения, а затем с помощью адиабатического процесса, когда температура снаружи выше 20 °C [16]. Для адиабатического охлаждения не нужен компрессор, что значительно снижает эксплуатационные расходы этой системы по сравнению с обычными системами.

Системы охлаждения, работающие от фотоэлектрических солнечных панелей, являются дорогостоящими. Непостоянный характер солнечного излучения требует хранения либо электроэнергии на батарее, либо хранения в виде холода, либо в виде хладагента под давлением. Учитывая стоимость батарей и их обслуживание, хранение батареи ограничено низкой мощностью. Продолжительность хранения зависит от использования и климата. Электрические солнечные холодильные системы, работающие от фотоэлектрических солнечных панелей мало распространены и только некоторые из них приводятся в литературе. Хотя выполненные в последнее время исследования позволили повысить эффективность фотоэлектрических панелей в лабораториях примерно до 20 %, эффективность панелей, доступных на рынке, не превышает 10 % - 15 % [2].

4. Обсуждение (Discussion)

Солнечные системы охлаждения с тепловым приводом в основном зависят от погодных условий. Они также имеют различные модификации в зависимости от условий эксплуатации. Эти системы были предметом многочисленных теоретических и экспериментальных исследований. Они могут быть использованы для малых и больших установок охлаждения. Их производительность также варьируется в зависимости от условий эксплуатации и рабочих параметров.

Таким образом, лучшим выбором для применения солнечной системы охлаждения в регионах с теплым климатом будут сорбционные системы и адиабатические системы. Однако следует отметить, что высокая первоначальная стоимость остается общей проблемой для всех солнечных систем охлаждения.

Технологии абсорбции и адсорбции сопоставимы по производительности. Но в настоящее время адсорбционный охладитель стоит дороже, чем абсорбционный охладитель из-за низкой плотности мощности адсорбента, что, как правило, увеличивает цену адсорбционной машины, требуя больших компонентов для той же производительности. Солнечная тепловая система с одноступенчатой абсорбцией, по-видимому, является лучшим вариантом, за которым следует солнечная тепловая система с одноступенчатой адсорбцией и солнечная тепловая система с двухступенчатой абсорбцией при сравнимом уровне цен. Парокомпрессионные системы охлаждения на солнечной энергии ограничены, и лишь некоторые из них приводятся в литературе [17]. Среди систем, доступных на рынке, адсорбционные охладители считаются наиболее желательным методом для использования солнечной тепловой энергии из-за их надежности и более высокой эффективности [18,19].



Выбор машины для абсорбционного охлаждения в основном зависит от производительности солнечного коллектора. Для солнечных коллекторов, способных эффективно работать при температуре около 150 °С, для кондиционирования воздуха доступны двухступенчатые охладители на рабочей паре вода-LiBr. Для охлаждения можно рассмотреть аммиачно-водный пар с КПД около 0,8. Теплоносителем может быть жидкость с высокой температурой кипения или пар [18]. Можно рассматривать вакуумированную трубку высокой производительности или коллектор с концентраторного типа.

Согласно результатам работ авторов работ [18] и [19], абсорбционные охладители наиболее экономичны для крупных зданий по сравнению с другими системами кондиционирования воздуха с тепловым приводом. Они также указывают на то, что большинство установленных солнечных абсорбционных охладителей и большая часть исследований в мире основаны на одноступенчатых охладителях и низкотемпературных солнечных тепловых коллекторах, в то время как меньшее внимание уделено сочетанию высокотемпературных солнечных тепловых коллекторов и многоступенчатых абсорбционных охладителей, особенно чиллеров с трехступенчатым циклом. Авторы указали, что использование газовых резервных систем для одноступенчатых охладителей неэффективно из-за их очень низкой экономии первичной энергии [18]. В регионах с нормальным прямым солнечным воздействием (например, в большей части Европы) солнечные охладители с несколькими ступенями относительно неэффективны. И, наоборот, многоступенчатые абсорбционные охладители с высокотемпературными коллекторами действительно перспективны в регионах с высокими солнечными ресурсами. Авторы также указывают, что КПД для кулера с двухступенчатым циклом на 60-70% выше, чем для одноступенчатого кулера. При этом оптимальная температура теплоносителя на входе в двухступенчатый кулер составляет 150 °С вместо 91 °С для одноступенчатого кулера [19].

В целом, системы охлаждения на основе возобновляемых источников энергии почти в большинстве случаев основаны на солнечной энергии. Другие возобновляемые источники энергии, такие как ветер, биомасса, гидроэнергетика используются для других приложений и их применение только для целей охлаждения будет стоить достаточно дорого.

5. Заключение (Conclusion)

В исследовании подтверждена перспективность использования солнечной энергии для систем охлаждения, что может существенно снизить энергозатраты при хранении сельскохозяйственной продукции. Применение инновационных технологий, таких как сорбционные и адiabатические системы охлаждения, обеспечивает поддержание оптимальных условий хранения с минимальными затратами энергии. В связи с чем наиболее эффективными остаются двухступенчатые абсорбционные охладители, работающие с многослойными солнечными коллекторами при температуре теплоносителя около 150 °С.

Также необходимо отметить, несмотря на высокую стоимость установки систем охлаждения на основе фотоэлектрических панелей, их эксплуатационные преимущества очевидны: такие системы отличаются высокой долговечностью компонентов, низкими затратами на обслуживание и устойчивостью к перегрузкам благодаря отсутствию сложных механических частей. Кроме того, высокая надежность и долгий срок службы фотоэлектрических систем делают их экономически целесообразным решением в долгосрочной перспективе, особенно для регионов с высоким уровнем солнечной инсоляции.

Таким образом, внедрение солнечных систем охлаждения представляет собой важное направление для устойчивого развития инфраструктуры хранения овощей и фруктов, сочетая экологические и экономические выгоды с повышенной эксплуатационной надежностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. (UNECE, 2022; United for Efficiency, 2023).
2. A. B. Sulin et al., "Prospects of solar refrigeration machines application" IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPC IET 2021) AIP Conf. Proc. 2486, 040010-1–040010-9; <https://doi.org/10.1063/5.0106038> Published by AIP Publishing. 978-0-7354-4269-6/\$30.00, vol. 2486, no. 1, pp. 0400101–0400109, Nov. 2022.
3. International Energy Agency., "Technology roadmap: solar heating and cooling.," 2012.



4. Cedrick B. Z. E., Long P. W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach // *Energy Procedia*. 2017 Vol. 115 P. 229–238. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>.
5. Ermolenko B. V., Ermolenko G. V., Fetisova Yu. et al. Wind and solar PV technical potentials: measurement methodology and assessments for Russia // *Energy*. 2017 Vol. 137 P. 1001–1012. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.050>.
6. Муравьева М.В., Путивская Т.Б., Потоцкая Л.Н. Классификация эндогенных факторов социально-экономического развития сельских территорий // *Глобальный научный потенциал*. 2019 № 4 (97). С. 186-188.
7. Подсеваткина Е.А., Путивская Т.Б. Необходимость и условия эффективной реализации цифровизации АПК *Островские чтения*. 2019 № 1 С. 238-241.
8. Подсеваткина Е. А., Путивская Т. Б., Сырникова Л. В., Шадченко Н. Ю. Проблемы и задачи развития сельского хозяйства России в условиях цифровой трансформации // *Научное обозрение: теория и практика*. Т.9, вып. 11 2019 С. 1647 – 1660.
9. Алямовский, И.Г. Зависимость интенсивности дыхания и тепловыделений плодов и овощей от температуры / И.Г. Алямовский // *Холодильная техника*. 1967. –№6. – С. 41...42.
10. D. S. Kim and C. A. Infante Ferreira, “Solar refrigeration options - a state-of-the-art review,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 31, no. 1. 2008. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2007.07.011.
11. N. A. Mezaal, K. v. Osintsev, and T. B. Zhirgalova, “Review of magnetic refrigeration system as alternative to conventional refrigeration system,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 87, no. 3. doi: 10.1088/1755-1315/87/3/032024.
12. H. Zhang, R. Gimaev, B. Kovalev, K. Kamilov, V. Zverev, and A. Tishin, “Review on the materials and devices for magnetic refrigeration in the temperature range of nitrogen and hydrogen liquefaction,” *Physica B Condens Matter*, vol. 558, 2019, doi: 10.1016/j.physb.2019.01.035.
13. R. Gimaev, Y. Spichkin, B. Kovalev, K. Kamilov, V. Zverev, and A. Tishin, “Review on magnetic refrigeration devices based on HTSC materials,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 100. 2019. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2019.01.024.
14. R. Bjørk, C. R. H. Bahl, A. Smith, and N. Pryds, “Review and comparison of magnet designs for magnetic refrigeration,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 33, no. 3. 2010. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2009.12.012.
15. Thermotech: солнечное теплоснабжение, техническое пособие. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geo-comfort.ru/images/PDF/Тепловие%20насосы/Solnishko/Thermotech%20солнечное%20теплоснабжение.PDF> (Дата обращения 23.12.2022).
16. L. K. Tartibu, “Developing more efficient travelling-wave thermo-acoustic refrigerators: A review,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 31, 2019, doi: 10.1016/j.seta.2018.12.004.
17. International Institute of Refrigeration (IIR) “Solar Cooling: 40th Informatory Note on Refrigeration Technologies”, Paris - France-75017, 2020.
18. A. Shirazi, R. A. Taylor, G. L. Morrison, and S. D. White, “A comprehensive, multiobjective optimization of solar-powered absorption chiller systems for airconditioning applications,” *Energy Convers Manag*, vol. 132, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2016.11.039.
19. A. Buonomano, F. Calise, and A. Palombo, “Solar heating and cooling systems by absorption and adsorption chillers driven by stationary and concentrating photovoltaic/thermal solar collectors: Modelling and simulation,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.059.

REFERENCES

1. (UNECE, 2022; United for Efficiency, 2023).
2. A. B. Sulin et al., “Prospects of solar refrigeration machines application” IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPCJET 2021) AIP Conf. Proc. 2486, 040010-1–040010-9; <https://doi.org/10.1063/5.0106038> Published by AIP Publishing. 978-0-7354- 4269-6/\$30.00, vol. 2486, no. 1, pp. 0400101–0400109, Nov. 2022.
3. International Energy Agency., “Technology roadmap: solar heating and cooling,.” 2012.
4. Cedrick B. Z. E., Long P. W. Investment Motivation in Renewable Energy: A PPP Approach // *Energy Procedia*. 2017 Vol. 115 P. 229–238. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.021>.
5. Ermolenko B. V., Ermolenko G. V., Fetisova Yu. et al. Wind and solar PV technical potentials: measurement methodology and assessments for Russia // *Energy*. 2017 Vol. 137 P. 1001–1012. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.050>.
6. Муравьева М.В., Путивская Т.Б., Потоцкая Л.Н. Классификация эндогенных факторов социально-экономического развития сельских территорий. // *Глобальный научный потенциал*. 2019 № 4 (97). С. 186-188.



7. Подсевакина Е.А., Путивская Т.Б. Необходимость и условия эффективной реализации цифровизации АПК //Островские чтения. 2019 № 1 С. 238-241.
8. Подсевакина Е. А., Путивская Т. Б., Сырникова Л. В., Шадченко Н. Ю. Проблемы и задачи развития сельского хозяйства России в условиях цифровой трансформации // Научное обозрение: теория и практика. Т.9, вып. 11 2019 С. 1647 – 1660.
9. Алямовский, И.Г. Зависимость интенсивности дыхания и тепловыделений плодов и овощей от температуры / И.Г. Алямовский // Холодильная техника. 1967. –№6. – С. 41-42.
10. D. S. Kim and C. A. Infante Ferreira, “Solar refrigeration options - a state-of-the-art review,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 31, no. 1. 2008. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2007.07.011.
11. N. A. Mezaal, K. v. Osintsev, and T. B. Zhirgalova, “Review of magnetic refrigeration system as alternative to conventional refrigeration system,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2017, vol. 87, no. 3. doi: 10.1088/1755-1315/87/3/032024.
12. H. Zhang, R. Gimaev, B. Kovalev, K. Kamilov, V. Zverev, and A. Tishin, “Review on the materials and devices for magnetic refrigeration in the temperature range of nitrogen and hydrogen liquefaction,” *Physica B Condens Matter*, vol. 558, 2019, doi: 10.1016/j.physb.2019.01.035.
13. R. Gimaev, Y. Spichkin, B. Kovalev, K. Kamilov, V. Zverev, and A. Tishin, “Review on magnetic refrigeration devices based on HTSC materials,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 100. 2019. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2019.01.024.
14. R. Bjørk, C. R. H. Bahl, A. Smith, and N. Pryds, “Review and comparison of magnet designs for magnetic refrigeration,” *International Journal of Refrigeration*, vol. 33, no. 3. 2010. doi: 10.1016/j.ijrefrig.2009.12.012.
15. Thermotech: солнечное теплоснабжение, техническое пособие. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://geo-comfort.ru/images/PDF/Тепловие%20насосы/Solnishko/Thermotech%20солнечное%20теплоснабжение.PDF> (Дата обращения 23.12.2022).
16. L. K. Tartibu, “Developing more efficient travelling-wave thermo-acoustic refrigerators: A review,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 31, 2019, doi: 10.1016/j.seta.2018.12.004.
17. International Institute of Refrigeration (IIR) “Solar Cooling: 40th Informatory Note on Refrigeration Technologies”, Paris - France-75017, 2020.
18. A. Shirazi, R. A. Taylor, G. L. Morrison, and S. D. White, “A comprehensive, multiobjective optimization of solar-powered absorption chiller systems for airconditioning applications,” *Energy Convers Manag*, vol. 132, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2016.11.039.
19. A. Buonomano, F. Calise, and A. Palombo, “Solar heating and cooling systems by absorption and adsorption chillers driven by stationary and concentrating photovoltaic/thermal solar collectors: Modelling and simulation,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.059.