



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
(квалификация – бакалавр)

На тему Технологии использования солнечной энергии в различных отраслях народного хозяйства Южного федерального округа

Исполнитель Гранкин Вадим Романович

Руководитель к.г.н., доцент Иошпа Александр Рувимович

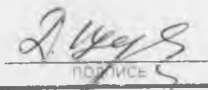

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«19» 06 2023 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе	
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН	
«19» 06 2023	
 ПОДПИСЬ	 ОСШИФРОВКА ПОДПИСИ

Туапсе  
2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Основные теоретические положения о солнечной радиации.....	6
1.1 Солнечная радиация: понятие и свойства .....	6
1.2 Краткий исторический обзор использования солнечной энергии.....	14
2 Анализ области применения солнечной радиации в Южном Федеральном округе солнечной радиации .....	18
2.1 Распределение солнечной радиации по исследуемой территории .....	18
2.2 Методы использования солнечной радиации: пассивные и активные радиации, использование их в быту, промышленности и на транспорт.....	25
3 Проблемы использования солнечной энергии и возможные пути решения ...	54
Заключение .....	62
Список использованной литературы.....	64
Приложение 1 .....	67

## Введение

В настоящее время, с увеличением осознания проблем экологии и необходимости перехода к устойчивому развитию, использование возобновляемых источников энергии становится все более актуальным.

Солнечная радиация является одним из наиболее доступных и перспективных источников возобновляемой энергии. Она обладает огромным потенциалом для удовлетворения энергетических потребностей и снижения негативного влияния на окружающую среду. Использование энергии солнца не выделяет углекислый газ и загрязняющие вещества в атмосферу.

Невозобновляемые источники энергии, такие как уголь и нефть, поступают в конечных количествах. Угольные и нефтяные месторождения формируются слишком долго, чтобы их можно было считать возобновляемыми ресурсами. Кроме того, в ближайшем будущем добыча таких ресурсов, как уголь и нефть, может оказаться нерентабельной [6].

Актуальность исследований обоснована тем, что традиционные источники энергии, относятся к исчерпаемым ресурсам и понимание эффективного использования солнечной радиации, имеет огромное значение для всех отраслей народного хозяйства.

В научных кругах проводятся исследования, направленные на разработку новых технологий и принципов использования солнечной радиации. Этот процесс включает в себя разработку более эффективных солнечных панелей и установок, оптимизацию процессов сбора и хранения солнечной энергии, а также, что не менее важно, – анализ влияния солнечной радиации на климатические процессы и погоду.

Научные исследования в этой области помогают расширить наше понимание взаимодействия солнечной радиации с окружающей средой, а также разрабатывать новые методы и подходы к использованию этой энергии. Исследователи также уделяют внимание различным аспектам, включая

экономическую целесообразность солнечных установок, экологическую устойчивость и социальные аспекты.

Объект исследования является солнечная радиация,

Предмет исследования – возможность использования солнечной радиации в антропогенной деятельности и потенциальная значимость.

Целью является изучение современных принципов использования солнечной радиации с целью оценки их эффективности и возможностей применения в различных сферах.

Для достижения этой цели ставятся следующие задачи:

- изучение теоретической базы о солнечной радиации, ее влиянии на атмосферу;
- провести анализ использования солнечной радиации в Краснодарском крае;
- рассмотреть возможные пути решения проблем использования солнечной энергии.



# 1 Основные теоретические положения о солнечной радиации

## 1.1 Солнечная радиация: понятие и свойства

Солнечная радиация, она же солнечное излучение, – это мощность на единицу площади (поверхностная плотность мощности), получаемая от Солнца в виде электромагнитного излучения в диапазоне длин волн измерительного прибора [18, с. 16]. Солнечное излучение измеряется в ваттах на квадратный метр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) в единицах СИ.

В верхних слоях атмосферы Земля получает около 174 петаватт (ПВт) солнечного излучения. Приблизительно 30 % этого излучения отражается обратно в космос, а оставшиеся 122 ПВт поглощаются облаками, океанами и сушей.

Солнечный спектр, достигающий поверхности Земли, состоит в основном из видимого и ближнего инфракрасного излучения, с небольшой долей ультрафиолетового излучения. Большинство людей живет в районах, где инсоляция составляет от 150 до 300  $\text{Вт}/\text{м}^2$  или 3,5–7,0  $\text{кВтч}/\text{м}^2$  в день.

Часто солнечное излучение интегрируется за определенный период времени, чтобы определить количество энергии, излучаемой в окружающую среду в течение этого периода. Это измеряется в джоулях на квадратный метр ( $\text{Дж}/\text{м}^2$ ) [12, с. 132].

Это интегрированное солнечное излучение и называется солнечным излучением, солнечным облучением, солнечной инсоляцией или просто инсоляцией. Отсюда такое множество интерпретаций.

Солнечное излучение играет важную роль в жизни на Земле и оказывает значительное влияние на биосферу, которая включает все живые организмы и их среду.

Основные аспекты влияния солнечного излучения на биосферу можно свести к следующим:

– фотосинтез: зеленые растения, используя процесс фотосинтеза, превращают солнечную энергию в химическую энергию, которая

накапливается в форме пищи, древесины и биомассы для последующего использования человеком.

– температурный режим: солнечный свет, поглощаемый океанами и сушей, поддерживает среднюю температуру поверхности примерно в 14 °С.

Таким образом создаются различные температурные режимы в разных регионах, что формирует климатические условия и определяет сезонные изменения;

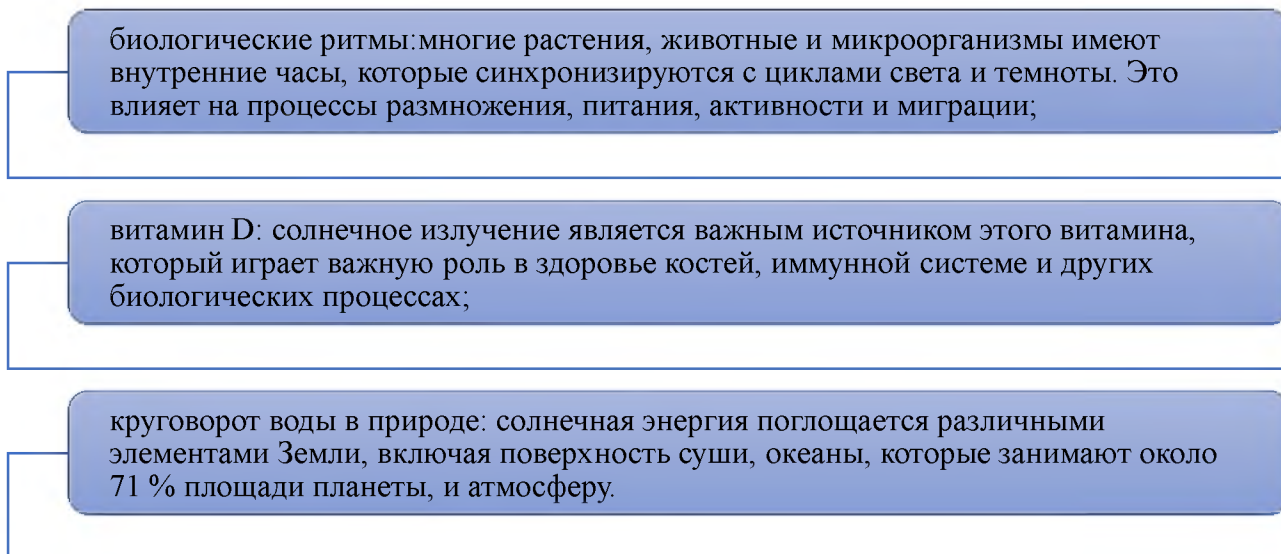


Рисунок 1.1 — Роль солнечной радиации в биосфере

Теплый воздух, содержащий водяной пар, который испаряется из океанов, поднимается вверх, вызывая атмосферную циркуляцию через процесс конвекции. Воздух, достигая значительной высоты, где температура низкая, заставляет водяной пар конденсироваться, образуя облака, которые затем выпадают на поверхность Земли в виде осадков, завершая тем самым цикл воды.

К негативным факторам можно отнести избыток ультрафиолетового излучения, особенно в виде альфа- и бета-излучения, которое может быть вредным для живых организмов, включая людей.

Оно может вызывать повреждение ДНК, солнечные ожоги, преждевременное старение кожи и повышает риск развития рака кожи.

Учитывая все эти аспекты, солнечное излучение является ключевым фактором, влияющим на биосферу. Понимание его роли и воздействия имеет важное значение для сохранения биоразнообразия, поддержания экосистем и разработки устойчивых подходов к использованию солнечной энергии.

Поступающее излучение может быть измерено как в космосе, так и на поверхности Земли после прохождения через атмосферу, где оно поглощается и рассеивается.

Освещенность в космосе определяется расстоянием от Солнца, солнечным циклом и периодическими изменениями между циклами. Освещенность на поверхности Земли также зависит от угла наклона измерительной поверхности, высоты Солнца над горизонтом и текущих атмосферных условий [14, с. 67].

Для инсоляции единицей измерения, часто используемой в солнечной энергетике, являются киловатт-часы на квадратный метр.

Солнечное излучение изучается и измеряется в различных областях, таких как прогнозирование производства энергии с помощью солнечных электростанций, определение нагрузки на системы отопления и охлаждения зданий, моделирование климата и прогноз погоды, использование пассивного дневного радиационного охлаждения и космические экспедиции [13, с. 103].

Существует несколько измеренных типов солнечного излучения:

Общее солнечное излучение. Это определение относится к солнечной постоянной, которая является мерой солнечной энергии на всех длинах волн, падающей на верхние слои атмосферы Земли и измеряется перпендикулярно поступающему солнечному свету.

Солнечная постоянная – это общепринятая мера среднего значения TSI на расстоянии одной астрономической единицы (а.е.).

Прямое нормальное излучение, также известное как лучевое излучение, измеряется на поверхности Земли в определенном месте с элементом поверхности, перпендикулярным Солнцу. Оно не включает в себя диффузное солнечное излучение, которое рассеивается или отражается атмосферой.



Количество прямого излучения зависит от внеземного излучения над атмосферой, скорректированного на потери, вызванные поглощением и рассеянием атмосферой. Потери этих излучений зависят от времени суток, как свет проходит через атмосферу в зависимости от угла возвышения Солнца, облачности, содержания влаги и других факторов.

Излучение над атмосферой также меняется в зависимости от времени года, хотя это изменение обычно менее значительно, чем влияние потерь на прямое нормальное излучение.

Диффузное горизонтальное излучение, также известное как диффузное излучение неба, возникает на поверхности Земли благодаря рассеянию света атмосферой. Оно измеряется на горизонтали и включает в себя свет, который приходит со всех направлений в небе, кроме области непосредственно около солнечного диска. Без атмосферы уровень ДНГ был бы практически нулевым.

Глобальное горизонтальное излучение – это общее излучение от Солнца на горизонтальной поверхности Земли. Оно есть сумма прямого излучения и диффузного горизонтального излучения

Глобальное наклонное излучение – это общее количество солнечной энергии, полученной на поверхности Земли при определенном наклоне и азимуте относительно Солнца.

Это значение учитывает как прямое излучение от Солнца, так и отраженное излучение от атмосферы и окружающей среды. Глобальное наклонное излучение является важным параметром для фотоэлектрических электростанций, которые используют солнечную энергию для производства электричества.

Глобальное нормальное излучение – это общее излучение от Солнца на поверхности Земли в заданном месте с поверхностным элементом, перпендикулярным Солнцу.

Одними из инструментов для измерения солнечного излучения являются пиранометр и пиргелиометр. Приборы представлены на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Инструменты для измерения солнечного излучения, где а) пиранометр, используемый для измерения глобального излучения; б) пиргелиометр, используемый для измерения прямого нормального излучения (или лучевого излучения); в) актинометр, используемый для измерения интенсивности прямой солнечной радиации.

Наблюдения ученых показывают, что среднегодовая солнечная радиация, поступающая в верхнюю часть атмосферы Земли, составляет примерно  $1361 \text{ Вт/м}^2$ . Проходя через атмосферу, солнечные лучи ослабевают, оставляя максимальное нормальное поверхностное излучение примерно  $1000 \text{ Вт/м}^2$  на уровне моря в ясный день [23, с. 63].

Объекты поглощают часть излучения, которое к ним поступает, а другую часть – отражают. Обычно поглощенное излучение превращается в тепловую энергию, что повышает температуру объекта.

Однако, искусственные или естественные системы могут конвертировать часть поглощенного излучения в другие формы энергии, такие как электричество или химические связи, как это происходит, например, с фотоэлектрическими элементами или растениями. Количество отраженного излучения называется отражательной способностью или альбедо объекта.

Интенсивность солнечного излучения на поверхности Земли достигает максимума, когда поверхность направлена непосредственно (нормально) на Солнце. При изменении угла наклона поверхности относительно Солнца инсоляция уменьшается пропорционально косинусу угла.

Это является главной причиной того, что полярные области Земли значительно холоднее, чем экваториальные области. За год полюса получают

меньшую инсоляцию, чем экватор, потому что они всегда находятся под большим углом от Солнца, чем тропики, и также не получают инсоляции в течение шести месяцев зимой.

Кроме того, свет должен проходить через большее количество атмосферы при более косом угле, что приводит к еще большему ослаблению инсоляции на поверхности за счет поглощения и рассеяния.

Оценка и картирование солнечного потенциала на различных уровнях являются предметом значительного академического и коммерческого интереса. Одной из самых ранних попыток провести всестороннее картографирование солнечного потенциала для отдельных стран был проект Организации Объединенных Наций (ООН) «Оценка солнечных и ветровых ресурсов».

Карты солнечной радиации строятся с использованием баз данных, полученных на основе спутниковых снимков, например, с использованием видимых изображений со спутника «Метеостат Прайм».

К изображениям применяется метод определения солнечной радиации. Одной из хорошо проверенных моделей спутникового излучения является модель «САНИ». Точность этой модели хорошо оценена. В целом, карты солнечного излучения точны, особенно для глобального горизонтального излучения[27].

Солнечное излучение играет ключевую роль в метеорологии, а именно в моделировании климата и прогнозировании погоды. Высокое среднее глобальное чистое излучение в верхней атмосфере свидетельствует о тепловом неравновесии Земли, которое вызвано климатическими изменениями.

В рамках исследования влияния Солнца на климат были проведены эксперименты с использованием ГИСС Модели 3.

Они исследовали чувствительность производительности модели к абсолютному значению TSI в разные эпохи (современная и доиндустриальная) и описали, например, как распределение освещенности влияет на атмосферу и поверхность земли, а также как это влияет на исходящее излучение.

Для корректной оценки процессов реакции климата на радиационное воздействие в десятилетних временных масштабах необходимо иметь стабильный прибор и надежные глобальные данные о температуре поверхности, что требует более высокой степени точности и надежности. Это необходимо для оценки влияния долгосрочных изменений освещенности на климат.

Наблюдаемое увеличение освещенности на 0,1 % придает 0,22 Вт/м<sup>2</sup> климатическое воздействие, что предполагает переходную климатическую реакцию 0,6 °С на Вт/м<sup>2</sup>. Эта реакция в 2 или более раза выше, чем в моделях 2008 года, оцененных МГЭИК, и, возможно, проявляется в поглощении тепла океаном в рамках моделей.

Измерение способности поверхности отражать солнечное излучение имеет важное значение для пассивного дневного радиационного охлаждения, которое было предложено в качестве метода обращения вспять локального и глобального повышения температуры, связанного с глобальным потеплением.

Чтобы измерить охлаждающую способность пассивной радиационной охлаждающей поверхности, необходимо количественно определить как поглощенную мощность атмосферного, так и солнечного излучения.

В ясный день солнечное излучение может достигать 1000 Вт/м<sup>2</sup> с диффузной составляющей в пределах 50–100 Вт/м<sup>2</sup>. В среднем охлаждающая способность пассивной дневной радиационной охлаждающей поверхности оценивается в примерно 100–150 Вт/м<sup>2</sup>.

Основной фактор, влияющий на равновесную температуру при проектировании космических аппаратов и изучении планет, – это уровень инсоляции. Однако, измерение солнечной активности и освещенности вызывает сложность для космических путешествий. Например, NASA запустило свой спутник SOPC с мониторами солнечного излучения.

Эксперимент «Солнечная радиация и климат» – это спутниковая миссия NASA, которая измеряла входящее рентгеновское, ультрафиолетовое, видимое, ближнее инфракрасное и полное солнечное излучение.

Эти измерения конкретно касаются долгосрочных изменений климата, естественной изменчивости, атмосферного озона и УФ-бета-излучения, что улучшает прогнозирование климата.

Эти измерения имеют решающее значение для изучения Солнца, его влияния на земную систему и влияния на человечество. СОРС был запущен 25 января 2003 года на ракете-носителе «Пегас Икс-Эль», чтобы обеспечить человечество точными измерениями солнечной радиации.

СОРС измеряет солнечное излучение с помощью радиометров, спектрометров, фотодиодов, детекторов и болометров, установленных на спутниковой обсерватории, вращающейся вокруг Земли.

Спектральные измерения определяют облученность Солнца, характеризуя энергию и излучение Солнца в виде цвета, который затем может быть переведен в количество и элементы материи.

Данные, полученные СОРС, могут быть использованы для моделирования излучения Солнца, а также для объяснения и прогнозирования влияния солнечного излучения на атмосферу и климат Земли.

Спутник летел по орбите высотой 645 км и управлялся Лабораторией Физики Атмосферы Космоса при Университете Колорадо в Боулдере, штат Колорадо.

Он продолжил точные измерения общей солнечной радиации, начатые своим предшественником в 1979 году и продолженные в 21 веке серией измерений АКРИМ обеспечил измерения солнечной спектральной освещенности от 1 до 2000 нм, что составляет 95 % спектрального вклада в общую солнечную освещенность.

Научными целями миссии СОРС были:

Сделать точные измерения общего солнечного излучения, соединить их с предыдущими измерениями.

Производить ежедневные измерения солнечного ультрафиолетового излучения от 120 до 300 нм, со спектральным разрешением 1 нм.

Провести первые измерения видимого и ближнего инфракрасного солнечного излучения с достаточной точностью для будущих климатических исследований.

Улучшить понимание того, как и почему изменяется солнечное излучение, оценить прошлое и будущее поведение Солнца и исследовать реакцию климата.

## 1.2 Краткий исторический обзор использования солнечной энергии

Использование солнечной энергии имеет долгую историю, которая простирается на протяжении тысячелетий. Солнечные тепловые технологии могут использоваться для нагрева воды, отопления помещений, охлаждения помещений и выработки технологического тепла, и уже древние цивилизации начали это понимать и активно использовать солнечную энергию.

Так древние египтяне и греки использовали солнечную энергию для обогрева помещений и различных процессов. Например, в Древнем Египте использовались солнечные коллекторы для подогрева воды и обогрева жилых помещений [10, с. 17].

В 1833 году в США Дж. Эриксон разработал солнечный воздушный двигатель с параболоцилиндрическим концентратором размером 4,8 на 3,3 м, как сообщают разные источники.

В свою очередь, француз А. Мушо построил несколько крупных солнечных концентраторов в Алжире в 1866 году, которые использовались для дистилляции воды и приводов насосов.

На всемирной выставке в Париже в 1878 году А. Мушо продемонстрировал солнечную печь для приготовления пищи, где можно было сварить полкилограмма мяса за полчаса. Однако изобретатель не продолжил разработку из-за дешевизны угля и других факторов.

В 1871 году американский инженер Ч. Уилсон построил первую крупномасштабную установку для дистилляции воды в Чили, которая работала

в течение 30 лет, обеспечивая питьевой водой рудник.

Француз Ш.А. Тельер создал первый плоский коллектор солнечной энергии, который имел размер 20 квадратных метров и использовался для работы теплового двигателя на аммиаке. В 1885 году была выдвинута схема установки солнечных батарей с плоским коллектором для подачи воды, где он был установлен на крыше пристройки дома.

В 1890 году в Москве профессор В. К. Церасский провел эксперимент, при котором металлы были расплавлены с помощью солнечной энергии, сконцентрированной параболическим зеркалом. В точке фокуса зеркала температура достигала более 3000 °С.

В 1897 году американский изобретатель, инженер и пионер солнечной энергии Фрэнк Шуман создал небольшой демонстрационный солнечный двигатель. Двигатель работал по принципу отражения солнечной энергии на квадратных коробках, заполненных эфиром – веществом, которое имеет более низкую температуру кипения, чем вода. Внутри коробок были установлены черные трубы, которые передавали тепло в паровой двигатель. Схема этого изобретения представлена в приложении 1.

В 1908 году Фрэнк Шуман создал компанию, с целью строительства более крупных солнечных электростанций. Он работал над усовершенствованием системы с использованием зеркал для отражения солнечной энергии на коллекторных коробках вместе со своим техническим советником Аккерманном и британским физиком сэром Чарльзом Верноном Бойсом.

Это позволило значительно повысить теплопроизводительность, и вместо эфира можно было использовать воду. Затем Шуман разработал полномасштабный паровой двигатель, который работал на воде низкого давления. К 1912 году благодаря этому он успел запатентовать всю систему солнечных двигателей [4, с.98].

В то же время, в 1908 году, Константин Эдуардович Циолковский – советский основоположник теоретической космонавтики, указал на

практическую возможность использования огромной энергии Солнца людьми.

Он написал в своей книге «Исследования мировых пространств реактивными приборами», что реактивные приборы позволят человечеству завоевать беспредельные пространства, и использовать солнечную энергию, которая в два миллиарда раз больше, чем та, которая доступна Земле [26, с. 14].

В 1912–1913 годах Шуман создал первую в мире солнечную тепловую электростанцию в Египте, городе Маади, используя параболические желоба для запитывания двигателя мощностью 45–52 киловатта (60–70 л.с.), который перекачивал более 22000 литров воды в минуту из реки Нил на хлопковые поля, что были по соседству.

Несмотря на то, что развитие солнечной энергии было угнетено началом Первой мировой войны и открытием дешевой нефти в 1930-х годах, в 1970-х годах появилась новая волна интереса к солнечной тепловой энергии, основанная на базовом дизайне Шумана (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 — Поступление солнечной радиации на поверхность Земли

Количество солнечной энергии, падающей на  $1 \text{ м}^2$  горизонтальной поверхности, будет меньше, чем на  $1 \text{ м}^2$  поверхности, расположенной



перпендикулярно лучам солнца. Это количество зависит от угла падения лучей на горизонтальную поверхность.

С изменением угла падения, т. е. высоты солнца над горизонтом, изменяется и интенсивность солнечной радиации. Наибольшая интенсивность солнечной радиации будет в истинный полдень, когда высота солнца над горизонтом достигает наибольшей величины

## 2 Анализ области применения солнечной радиации в Южном Федеральном округе солнечной радиации

### 2.1 Распределение солнечной радиации по исследуемой территории

Южный Федеральный округ расположен на юге России площадью 447,8 тыс. км<sup>2</sup> состоит из семи субъектов: Краснодарского края, Астраханской, Волгоградской и Ростовской областей, а также Республики Адыгея, Калмыкии, полуострова Крым и города Севастополя.

Краснодарский край представляет собой один из наиболее перспективных регионов для развития солнечной энергетики благодаря высокой интенсивности солнечной радиации.

В данном регионе продолжительность солнечного света превышает 2000 часов в год, а количество солнечных дней на побережье Черного и Азовского морей составляет от 260 до 280 дней в году. Это не идет ни в какое сравнение с Москвой, где количество солнечных дней всего 30 в году.

Кроме того, Краснодарский край является пионером использования фотоэнергетики на земле, начиная с 1964 года, а также гелиоустановок для систем теплоснабжения.

Вся территория края находится в области положительных значений радиационного баланса (в то время как в большинстве областей России радиационный баланс в холодное время года отрицательный).

В зимнее время солнечная радиация регистрируется с 6–8 часов утра до 16–18 часов.

Суммарная продолжительность солнечного сияния за 2-х часовые промежутки в течение месяца в зимнее время намного ниже, чем в летнее. Так в декабре средняя многолетняя сумма часов с солнечной радиацией в 12–14 часов меньше, чем в августе (за те же 2 часа) в 2,0–2,6 раза.

Величина суммарной солнечной энергии, получаемой на горизонтальную поверхность в течение года, составляет в среднем от 1300 до 1450 кВтч/м<sup>2</sup>, как видно на таблице 2.1:

Таблица 2.1– Данные об инсоляции за 2022 год по городам Краснодарского края

Город	Показатели, кВтч/м <sup>2</sup> за 2022 год		
	Прямое нормальное излучение	Глобальное нормальное излучение	Диффузное горизонтальное излучение
Анапа	1449,5	1433,8	583,6
Геленджик	1406.2	1410.9	592.1
Ейск	1411.0	1376.0	559.6
Кореновск	1338.5	1362.7	589.8
Новороссийск	1368.0	1395.4	601.0
Приморско-Ахтарск	1426.2	1396.0	567.7
Славянск-на-Кубани	1358.6	1375.9	590.7
Сочи	1383.5	1403.5	585.8
Темрюк	1410.1	1402.7	580.6
Туапсе	1413.3	1404.9	579.5
Усть-Лабинск	1356.9	1376.0	587.4

Анализируя данные, регион можно разделить на две зоны: побережья и равнинная часть (области, окрашенные в теплые тона на рисунке ниже), и предгорья с горами (зеленые тона). Первая зона имеет годовой приход 1424–1282 кВтч/м<sup>2</sup>. Во второй зоне значение колеблется в интервале от 1282 до 479 кВтч/м<sup>2</sup> [16].

Как видно, самый высокий показатель (более 1400 кВтч/м<sup>2</sup>) фиксируется в городе Анапе, Геленджике и Ейске, которые находятся в первой зоне, а самый низкий – в Усть-Лабинске, который территориально расположен во второй зоне.

Таблица 2.2 — Месячные и годовые суммы суммарной солнечной радиации для Краснодара, кВт\*ч/м<sup>2</sup>

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	В год
42,8	77,8	127	147	178	171	194	172	148	123	81,7	55,6	1433

Приток солнечной радиации сравнительно устойчив в весенне-летне-осеннее время, особенно в период апрель—октябрь.

На рисунке 2.1 представлено распределение суммарной годовой солнечной радиации на территории Краснодарского края.



Рисунок 2.1 – Графическая интерпретация суммарной годовой солнечной радиации на территории Краснодарского края

В среднем годовом выводе на горизонтальную поверхность региона поступает, при реальных метеоусловиях, около  $160 \text{ Вт/м}^2$  солнечной радиации. В соответствии с данными табл. , рассматриваемый приток солнечной энергии варьирует от  $49 \text{ Вт/м}^2$  в декабре до  $285 \text{ Вт/м}^2$  в июне.

В тёплую половину года, с апреля по октябрь, этот приток равен  $230 \text{ Вт/м}^2$  при суточном осреднении и составляет около  $400 \text{ Вт/м}^2$  за светлую часть суток. Некоторая доля приходящей солнечной радиации может быть превращена в электрическую и тепловую энергию для последующего её использования.

Коэффициент полезного действия фотоэлектрических преобразователей

солнечной радиации на кремниевых полупроводниковых элементах составляет в настоящее время 10—12 %. В соответствии с этим, в тёплую половину года 1 м<sup>2</sup> фотоэлектрической панели может обеспечить подачу в энергосеть мощности 25 Вт.

По географическому положению край расположен на 44–45° с. ш., т. е почти на одинаковом расстоянии от Северного полюса и экватора, или в умеренном климатическом поясе.

Годовое количество солнечного сияния в Краснодарском крае в среднем составляет 2187 часов (примерно четверть годового времени). Оно может меняться в зависимости от местоположения, составляя, например, в Красной Поляне 1777 часов, а в Ейске – уже 2448 часов. Длительность солнечного сияния, помимо других климатических факторов, зависит от широты, в которой расположен край. Статистика приведена в таблице ниже.

Таблица 2.3 – Соотношение высоты Солнца к месяцам в разных углах широты

Широта, Град.	Месяцы											
	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
44	24,8	32,9	43,8	55,7	64,8	69,3	67,6	60,2	49,1	37,6	27,6	22,7
46	22,8	30,9	41,8	53,7	62,8	67,3	65,6	58,2	47,1	35,6	25,6	20,7

Самое высокое положение Солнца над горизонтом в краевом центре наблюдается 22 июня – 68° 30' к горизонту, на 2° выше, чем на экваторе. Это самый долгий день в Краснодаре: 17 ч. 34 мин.

Самое низкое положение Солнца – 22 декабря – 21°30' над горизонтом, то есть на 2° ниже, чем на Южном полюсе. Это самый короткий день (продолжительность – 6 часов). В дни равноденствия – 21 марта и 23 сентября – нахождение Солнца к горизонту – 45°, день равен ночи.

На территории Краснодарского края облачность присутствует в среднем 62 дня (каждый 5-6 день года). В тёплое время года таких дней либо нет (Темрюк, Краснодар, Армавир, Сочи), либо их количество не превышает 1–2 дней в течение месяца.

Максимум облачных дней приходится на декабрь (13 дней) и январь (12 дней). Также фиксируется тенденция роста пасмурных дней в зимнее время в северно-восточной части края и снижение их в южной части. Так с ноября по февраль в Ейске и Темрюке наблюдается соответственно 58 и 53 дня, в то время как в Туапсе и Сочи – всего 35 и 34 дня.

Для годового хода характерен резкий рост месячных сумм от февраля к марту, почти в два раза, что объясняется увеличением высоты солнца и продолжительности дня и уменьшением облачности. При переходе от октября к ноябрю наблюдается обратный ход. Максимум месячных сумм суммарной радиации приходится на июль – 187 кВт/м<sup>2</sup> в Краснодаре и 207 кВт/м<sup>2</sup> в Сочи. Минимальный приход радиации наблюдается в декабре в Краснодаре – 20 кВт/м<sup>2</sup>, в Сочи в январе и декабре – 37 кВт/м<sup>2</sup>.

Краснодарский край становится все более привлекательным регионом для развития солнечной энергетики, и вышеперечисленная статистика тому объяснение. По итогам 2020 года он занял десятое место в России по развитию «зеленой» энергетики из десяти.

В настоящее время в регионе уже реализовано несколько проектов на основе использования солнечных ресурсов, включая энергоустановку мощностью 127,5 кВт на железнодорожном вокзале г. Сочи «Олимпийский парк», состоящую из 1028 современных тонкопленочных фотоэлектрических модулей. Подробнее о проектах в Краснодарском крае будет рассказано ниже.

«При использовании солнечной энергии для теплоснабжения выработка тепловой энергии в среднем составляет 900 кВт/ч на м<sup>2</sup>, а потенциальные ресурсы территории края – свыше 100·10<sup>12</sup> кВт/ч в год», – отмечается в постановлении Заксобрания Кубани «О мерах по внедрению солнечных коллекторов для нагрева воды» [15].

В 1985 году заместитель главного инженера производственного объединения «Кубаньтеплокоммунэнерго» В. А. Бутузов с поддержкой генерального директора П.С. Сургучева начал практическое строительство гелиоустановок на Кубани. В 1987 году была построена первая гелиоустановка

в городе Анапе. На сегодняшний день гелиоустановки уже несколько лет обеспечивают центральную районную больницу в Усть-Лабинске и городскую больницу курорта Анапа горячей водой, а также и другие значимые сооружения.

Операторы сотовой связи также используют энергию Солнца. Например, еще в 2004 году ОАО «Вымпелком» (бренд «Билайн») установило в Краснодарском крае базовую станцию, работающую на солнечных батареях. Это было необходимо для решения проблемы высокой стоимости прокладки сетевого кабеля в горных условиях реликтового леса.

Благодаря использованию гелиосистемы удалось сократить затраты в 5 раз. Идея использования солнечных батарей получила дальнейшее развитие благодаря ПАО «МТС». Оператор запустил базовые станции в трех населенных пунктах Кубани, которые полностью работают на энергии Солнца круглый год

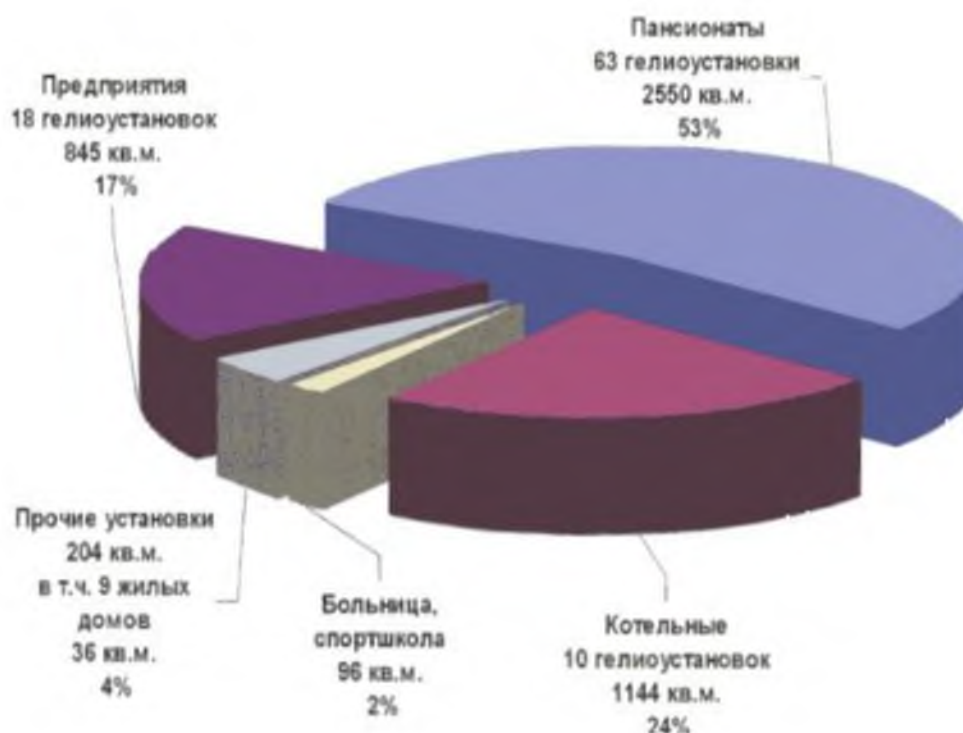


Рисунок 2.2 – Структура использования солнечной радиации в крае

За это время на предприятии было изготовлено более 1200 батарей общей площадью свыше 20000 м<sup>2</sup>, которыми были оснащены более 1200 космических аппаратов. Однако не все могут воспользоваться этими работками, так как

предприятие не занимается поставками оборудования для «гражданских» целей.

В июле 2015 года французские инвесторы проявили интерес к возможности реализации проектов в области солнечной и ветроэнергетики в Темрюкском и Ейском районах.

В Адыгее завершили строительство солнечной электростанции мощностью 4 МВт, что будет способствовать производству более 5 миллиардов киловатт-часов электроэнергии в год. Это стало возможным благодаря высоким показателям инсоляции в регионе, где более 250 солнечных дней в году.

Глава республики отметил, что это преимущество будет максимально использовано администрацией. Кроме того, в мае 2021 года была подключена к электросети вторая солнечная электростанция Шовгеновской СЭС мощностью 4,9 МВт.

Согласно изложенному, Краснодарский край является наиболее успешным регионом в России по строительству гелиоустановок. За прошедшие 30 лет был накоплен значительный опыт по сооружению гелиоэнергетических объектов различной мощности, что показало возможность строительства ГУ скупаемостью за период до 5 лет.

Но несмотря на то, что в последние годы в Краснодарском крае было построено более 100 гелиоустановок (63 из которых построены для пансионатов и санаториев) общей площадью 2550 м<sup>2</sup>, данный прогресс все еще не может быть признан внушительным. Учитывая потенциал и выгоды использования гелиоэнергетики, ее развитие в крае должно происходить в более обширном масштабе.

Однако некоторые законодательные акты в поддержку развития солнечной энергетики уже принимались, например принятая заксобранием края целевая программа «Энергосбережение в Краснодарском крае на 2006–2020 годы» и закон «Об использовании ВИЭ».

Если рассматривать показатели по стране, то в 2022 году общая мощность солнечной энергетики составляла 1816 МВт. На 1 января 2023 года в Единой



энергосистеме России были запущены солнечные электростанции с общей установленной мощностью 1788 МВт, что составляет 0,79 % от общей мощности электростанций в ЕЭС России.

В 2021 году они произвели 2109 миллионов кВт/ч электроэнергии, что составляет 0,2 % от общей выработки энергосистемы (Приложение Б).

После присоединения Крыма в 2014 году Россия получила в свое влияние 4 солнечные электростанции общей мощностью 185,5 МВт, которые были построены в период с 2010 по 2012 года. В 2015 году в Крыму была запущена в эксплуатацию СЭС «Николаевка» мощностью 69,7 МВт [7, с.83].

Северный Кавказ, прилегающие к Черному и Каспийскому морям районы, Южная Сибирь и Дальний Восток – в этих регионах находится наибольший потенциал для использования солнечной энергии. Конкретно, это Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область, Алтай, Приморский край, Читинская область и Бурятия [19, с. 15].

Таким образом, проанализировав режим солнечного излучения на территории Краснодарского края, можно сделать вывод, что территория Кубани обеспечена им в достаточной мере, и это объясняет то, почему регион является самым перспективным в развитии солнечной энергетики. По среднегодовым суммам и интенсивности радиации Краснодарский край превосходит все остальные крупные регионы России.

## 2.2 Методы использования солнечной радиации: пассивные и активные радиации, использование их в быту, промышленности и на транспорт

В настоящее время все больше и больше сфер нашей жизни используют солнечную радиацию для различных целей. Существует две основные категории солнечных технологий: активные и пассивные, которые отличаются способами улавливания, преобразования и распределения солнечного света.

Из интересного следует отметить, что хотя солнечная энергия является

наиболее очевидным способом использования солнечного излучения, все возобновляемые источники энергии, за исключением геотермальной и энергии приливов, получают свою энергию так или иначе от Солнца.

Активные методы включают фотоэлектрическую энергию, концентрированную солнечную энергию, солнечные тепловые коллекторы, насосы и вентиляторы, которые используются для преобразования солнечного света в полезную продукцию.

Сегодня наиболее распространенным активным методом извлечения энергии из солнечного излучения является фотовольтаика. Главный принцип заключается в том, что свет преобразуется в электричество с использованием полупроводниковых материалов, которые обладают фотоэлектрическим эффектом.

Фотоэлектрическая система состоит из нескольких солнечных модулей, каждый из которых содержит несколько солнечных элементов для генерации электроэнергии.

Фотоэлектрические установки могут быть различных типов: наземные, настенные, на крышах зданий или плавучие. Крепление может быть фиксированным, либо использоваться солнечный трекер, который автоматически поворачивает солнечные модули за Солнцем по небу.

Фотоэлектрическая технология имеет потенциал помочь смягчить негативные последствия изменения климата, так как она выделяет гораздо меньше углекислого газа, чем ископаемое топливо.

Солнечная фотоэлектрическая энергия обладает рядом преимуществ в качестве источника энергии: после установки ее работа не приводит к загрязнению окружающей среды и выбросам парниковых газов, она демонстрирует масштабируемость в отношении потребностей в энергии, а кремний, необходимый для производства солнечных модулей, доступен в большом количестве на Земле.

Однако, серебро и другие материалы, необходимые для производства фотоэлектрических систем, могут стать ограничивающим фактором для дальнейшего роста технологии. Кроме того, значительной проблемой может

являться конкуренция за землепользование.

Для использования фотоэлектрических систем в качестве основного источника энергии необходимы системы накопления энергии или глобальное распределение по высоковольтным ЛЭП постоянного тока, что приводит к дополнительным затратам и имеет ряд других возможных ограничений, таких как переменная выработка электроэнергии, которые должны быть учтены и сбалансированы.

В 2019 году фотоэлектрические системы по всему миру достигли установленной мощности более 635 ГВт, что составляет около 2 % от общего мирового потребления электроэнергии. После гидро- и ветроэнергетики фотоэлектрическая энергия занимает третье место среди возобновляемых источников энергии по глобальной мощности[3, с. 123].

Элементы, работающие на солнечной энергии, генерируют постоянный ток из солнечного света, который может использоваться для питания оборудования или зарядки аккумуляторов. Фотовольтаика была впервые использована в космических аппаратах и орбитальных спутниках для производства электричества. Однако в настоящее время большинство фотоэлектрических модулей используются в подключенных к сети системах для производства электроэнергии.

Так, например, солнечными батареями оснащаются дома (рисунок 2.3).

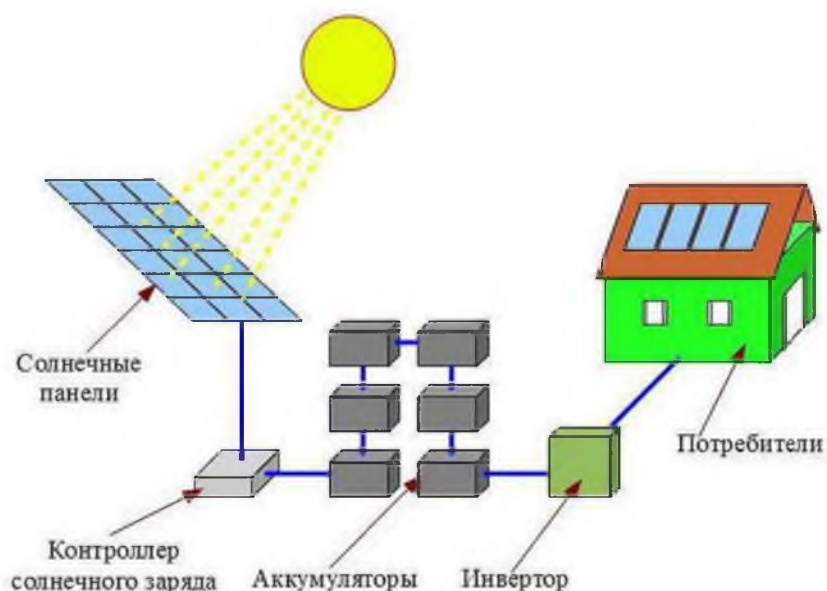


Рисунок 2.2– Принцип устройства солнечной батареи в быту

Пассивные способы использования солнечной энергии включают правильный выбор материалов с хорошими тепловыми свойствами, проектирование пространств, которые обеспечивают естественную циркуляцию воздуха, а также расположение зданий относительно Солнца.

Такие технологии уменьшают потребность в других источниках энергии и считаются спросом на рынке. Активные технологии, напротив, увеличивают потребление энергии и считаются предложением на рынке.

В пассивных солнечных зданиях окна, стены и полы предназначены для сбора, хранения, отражения и распределения солнечной энергии в виде тепла зимой и отвода солнечного тепла летом.

Это называется пассивным солнечным проектированием, которое не требует механических или электрических устройств [2, с. 48].

Пассивные солнечные технологии используют солнечный свет для создания полезного тепла в воде, воздухе и тепловых массах, что позволяет снизить использование других источников энергии.

Тепловые массы, такие как камень, цемент или вода, играют важную роль в этом процессе. Их использование широко распространено в засушливых климатических условиях или теплых умеренных районах для охлаждения зданий и сохранения тепла. Однако, их также можно использовать и в холодных умеренных зонах для поддержания комфортной температуры.

Размер и размещение тепловой массы зависят от факторов, таких как климат, дневное освещение и условия затенения. Правильное использование тепловой массы помогает поддерживать комфортную температуру в помещении и снижает необходимость в использовании дополнительного оборудования для отопления и охлаждения.

Для проектирования пассивного солнечного здания важно использовать местный климат и провести анализ участка. Эти методы легче всего применять к новым зданиям, но также возможно адаптировать или модернизировать уже существующие здания.

Пассивное охлаждение достигается похожими принципами

проектирования, что позволяет уменьшить потребности в летнем охлаждении.

Некоторые пассивные системы требуют минимального количества энергии для управления заслонками, жалюзи, ночной изоляцией и другими устройствами, которые облегчают сбор, хранение и использование солнечной энергии, а также снижают нежелательную теплопередачу.

Пассивные солнечные технологии включают прямое и косвенное использование солнечной энергии для отопления помещений, системы нагрева воды на основе термосифона, использование тепловой массы и материалов с фазовым переходом для регулирования температуры воздуха в помещении, солнечные панели, солнечный дымоход, улучшающий естественную вентиляцию, и земляные укрытия.

В более общем смысле, солнечные технологии также включают использование солнечных печей, но это часто требует дополнительного энергопотребления для поддержания концентрации зеркал или приёмников, поэтому этот метод является неэкономичным и не нашёл широкого применения. Пассивное использование солнечной энергии нашло лучшее применение в «низкоуровневых» потребностях, таких как отопление помещений и воды.

При проектировании зданий, учитываются следующие особенности участка [6, с. 39]:

- широта, путь солнца и инсоляция,
- сезонные колебания солнечного прироста, например, охлаждение или нагрев градусо-дней, солнечная инсоляция, влажность,
- суточные колебания температуры,
- детали микроклимата, связанные с бризом, влажностью, растительностью и контуром местности,
- препятствия или области затенения – к солнечному усилению или локальным боковым ветрам.

Технически пассивный солнечный обогрев отличается высокой эффективностью. Системы с прямым усилением могут использовать 65–70 %

энергии солнечного излучения, попадающего на апертуру или коллектор.

Важную роль играют энергоэффективные ландшафтные материалы. Они используются для тщательного выбора пассивной солнечной энергии включают в себя строительные материалы для твердого ландшафта и растения «мягкого ландшафта».

Использование принципов ландшафтного дизайна для подбора деревьев, живых изгородей и элементов шпалеры — перголы с лианами. Все это можно использовать для создания летнего затенения.

Для зимнего солнечного усиления желательно использовать лиственные растения, которые сбрасывают листья осенью, что дает круглогодичные пассивные солнечные преимущества.

Нелистопадные вечнозеленые кустарники и деревья могут быть ветрозащитными полосами на переменной высоте и расстоянии, чтобы создать защиту и укрытие от зимнего холодного ветра.

Ксерискейпинг с «подходящими по размеру» местными видами и засухоустойчивыми растениями, капельным орошением, мульчированием и методами органического садоводства уменьшают или устраняют необходимость в энергоемком и водоемком орошении, садовом оборудовании, работающем на газе, и уменьшают отходы на свалках. Ландшафтное освещение на солнечных батареях и фонтанные насосы, а также крытые бассейны и небольшие бассейны с солнечными водонагревателями могут уменьшить воздействие таких удобств.

Существует три различных конфигурации пассивной солнечной энергии и, по крайней мере, один примечательный гибрид этих базовых конфигураций:

- прямые солнечные системы;
- не прямые солнечные системы;
- гибридные прямые/не прямые солнечные системы;
- изолированные солнечные системы.

В пассивной солнечной системе с прямым усилением внутреннее пространство действует как солнечный коллектор, поглотитель тепла и система распределения. Южное стекло в северном полушарии (северное в южном полушарии) пропускает солнечную энергию внутрь здания, где она напрямую нагревается или косвенно нагревает (через конвекцию) тепловую массу в здании. Полы и стены, выступающие в качестве тепловой массы, включаются в качестве функциональных частей здания и смягчают интенсивность нагрева в течение дня. Ночью нагретая тепловая масса излучает тепло в помещение.

В зоне с холодным климатом наиболее распространенным типом пассивной солнечной конфигурации с прямым усилением является закаленное солнцем здание. Оно включает небольшое увеличение площади остекления на южной стороне без добавления дополнительной тепловой массы. Оболочка здания изолирована и вытянута в направлении восток-запад, а окна занимают около 80 % или более южной стены.

Необходимо ограничивать площадь окон не более 5–7 % от общей площади пола, чтобы избежать перегрева. Дополнительное остекление возможно только при добавлении тепловой массы.

В пассивной солнечной системе с непрямым усилением тепловая масса расположена за южным стеклом, что предотвращает прямой нагрев помещения. Однако это может ухудшить обзор через стекло. Экономия энергии в этой системе скромна, но её стоимость довольно низка.

Существует два вида систем косвенного усиления солнечной энергии: системы стеновых накопительных тепловых масс и системы прудов на крыше. Солнечная крыша, которая является одной из систем прудов на крыше, используется для смягчения экстремальных внутренних температур в пустынных условиях.

Эта система обычно состоит из контейнеров, которые содержат 150–300 мм воды на плоской крыше. Воду хранят в больших пластиковых или стекловолоконных контейнерах для уменьшения испарения и максимизации лучистых выбросов.

Солнечное излучение нагревает воду, которая действует как носитель тепла. Внутреннее пространство под прудом на крыше отапливается теплом, излучаемым наверху хранилищем пруда на крыше.

В системе тепловых аккумулирующих стен, также известной как стена Тромба, массивная стена расположена за южным стеклом и поглощает солнечную энергию, которая в ночное время выбрасывается внутрь помещения.

Солнечный свет проходит через стекло и сразу же поглощается на поверхности стены, где либо накапливается, либо проводится через материальную массу внутрь помещения (рисунок 2.4).

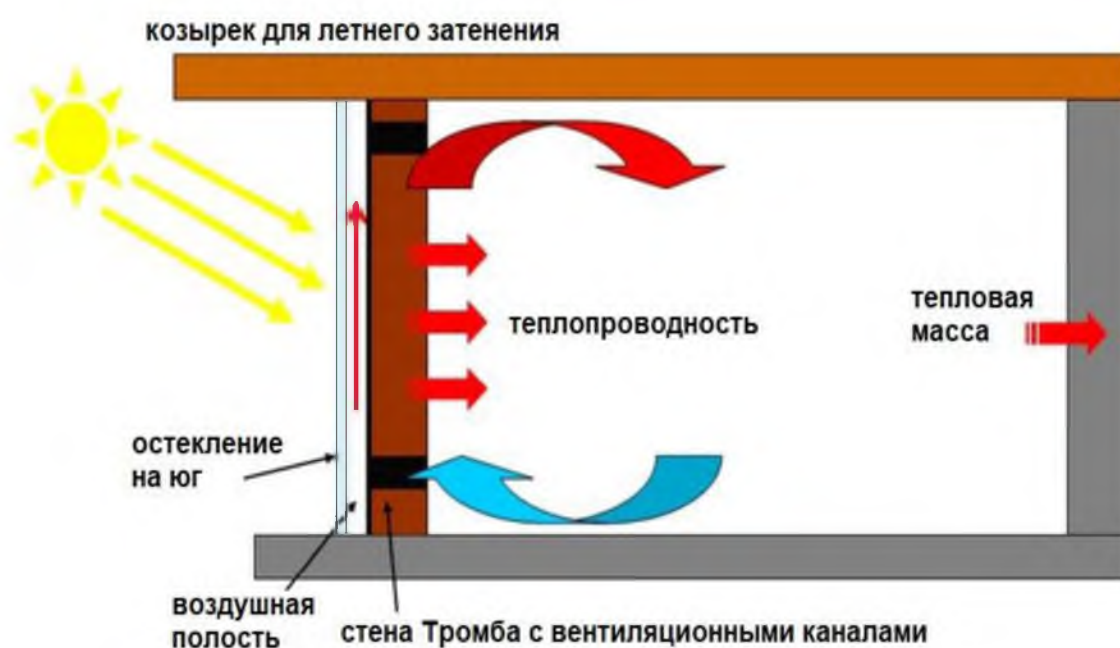


Рисунок 2.4– Наглядный принцип работы стены Тромба зимой

Тепловая масса не в состоянии поглотить солнечную энергию так быстро, как она поступает в пространство между массой и окном. Это может вызвать повышение температуры воздуха до 49°C в помещении за стеной.

Горячий воздух может быть передан внутренним помещениям через тепло - распределительные вентиляционные отверстия в верхней части стены.

Система стеновых накопительных тепловых масс была изобретена Эдвардом Морсом и запатентована в 1881 году, а Феликс Тромбе, французский инженер, построил несколько домов на основе этого проекта в Пиренеях в



1960-х годах. Пассивная солнечная система с изолированным усилением имеет компоненты, например, коллектор и тепловое хранилище, которые изолированы от внутренней части здания.

Прикрепленное солнечное пространство, также известное как солнечная комната или солярий, представляет собой тип изолированной солнечной системы с застекленным внутренним пространством или комнатой, которая является частью или прикреплена к зданию, но может быть полностью закрыта от основных рабочих зон.

Оно сочетает в себе характеристики системы прямого и косвенного усиления и функционирует как пристроенная теплица. Солнечное стекло, прикрепленное на юге солнечного пространства, собирает солнечную энергию, подобно системе с прямым усилением.

Простейшая конструкция солнечного пространства состоит из вертикальных окон без верхнего остекления. Однако солнечные пространства могут испытывать высокий приток тепла и потери тепла из-за большого количества остекления. Наклонное и горизонтальное остекление собирает больше тепла зимой, однако оно ограничено во избежание перегрева летом.

С обратной же стороны, когда речь об охлаждении, в дело вступает уже описанная фотовольтаика. Она может обеспечивать либо косвенную солнечную энергию кондиционирования воздуха, либо прямое питание кондиционеров.

Косвенная фотоэлектрическая энергия для кондиционеров состоит из солнечной энергии для всего дома или всего здания, что, традиционно для большинства пользователей, также означает чистое измерение в сети. Солнечная энергия в этом случае инвертируется переменным током для работы приборов в доме или здании, включая кондиционер.

Интересной, и в то же время достаточно простой пассивной концепцией также является так называемый солнечный (тепловой) дымоход. Он представляет собой способ улучшения естественной вентиляции зданий за счет конвекции воздушных масс, нагретых солнечной энергией.

Самая простая форма солнечного дымохода, это черный дымоход (солнечные дымоходы должны быть окрашены в черный цвет, чтобы они более эффективно поглощали солнечное тепло) и некоторые вспомогательные элементы. В течение дня солнечная энергия накаливает дымоход и внутренний воздух, создавая тягу.

Этот восходящий поток может использоваться для вентиляции и охлаждения здания внизу. Хотя в большинстве стран более практичным является использование энергии ветра для такой вентиляции, как например, с ветроуловителем, в безветренные жаркие дни, солнечный дымоход может помочь решить проблему вентиляции. Существует несколько вариаций солнечного дымохода, которые могут включать в себя следующие основные элементы конструкции (рисунок 2.5).

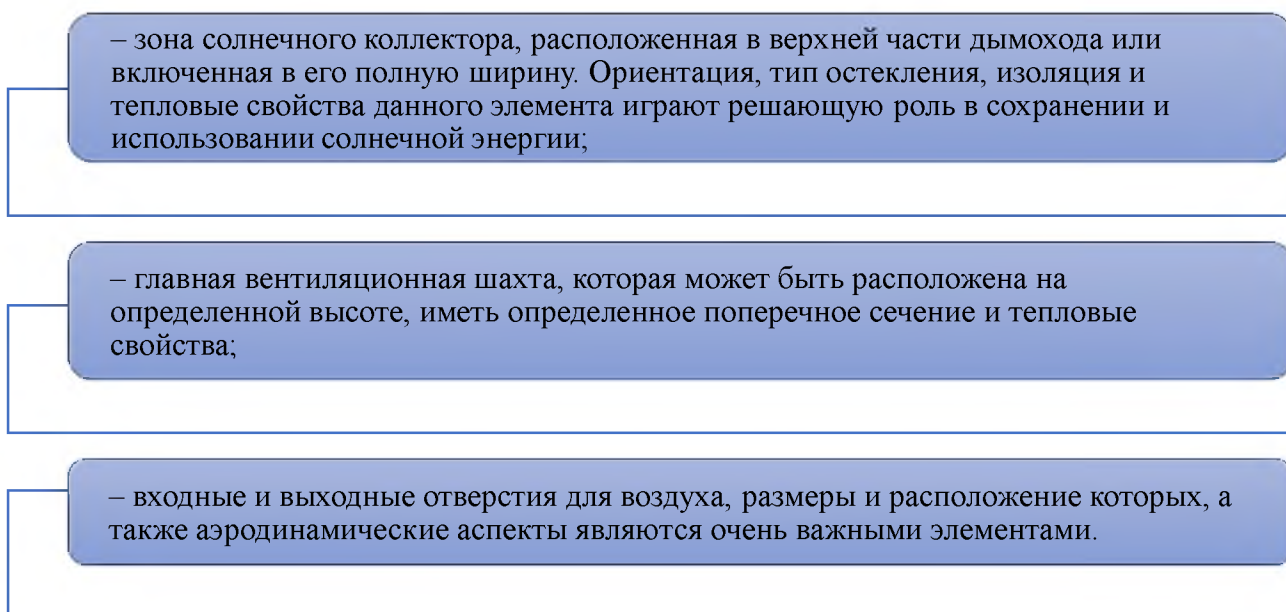


Рисунок 2.5 – Вариации дымохода

Когда воздух внутри дымохода нагревается, он поднимается вверх и вытягивает холодный воздух из-под земли через теплообменные трубки.

Использование солнечного дымохода может способствовать естественной вентиляции и пассивному охлаждению зданий, что приведет к снижению энергопотребления, выбросов CO<sub>2</sub> и уменьшению загрязнения окружающей среды (рисунок 2.6).

Потенциальные преимущества, связанные с естественной вентиляцией и использованием солнечных дымоходов обеспечиваются рядом факторов (рисунок 2.7).

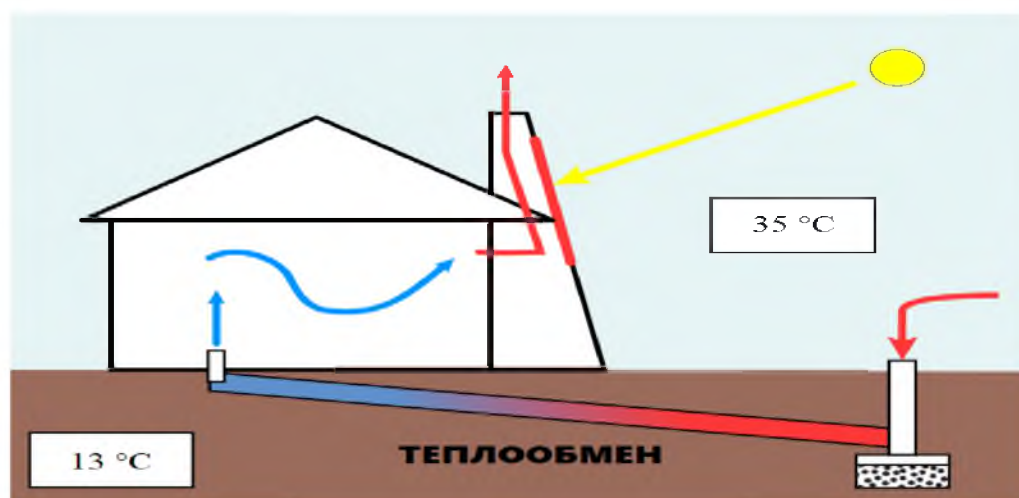


Рисунок 2.6 – Принцип работы солнечного дымохода.

- улучшенная скорость вентиляции в тихие жаркие дни,
- снижение зависимости от ветра и ветровой вентиляции,
- улучшенный контроль воздушного потока через здание,
- более широкий выбор воздухозаборников (т.е. подветренная сторона здания),
- улучшение качества воздуха и снижение уровня шума в городских районах,
- повышенная скорость проветривания в ночное время,
- вентиляция узких, небольших помещений с минимальным воздействием внешних элементов.

Рисунок 2.7 – Преимущества эксплуатации солнечного дымохода

Такую технологию можно превосходно дополнить правильно высаженными деревьями на участке. Грамотно устроенная растительность поможет сохранить прохладу летом и тепло зимой.

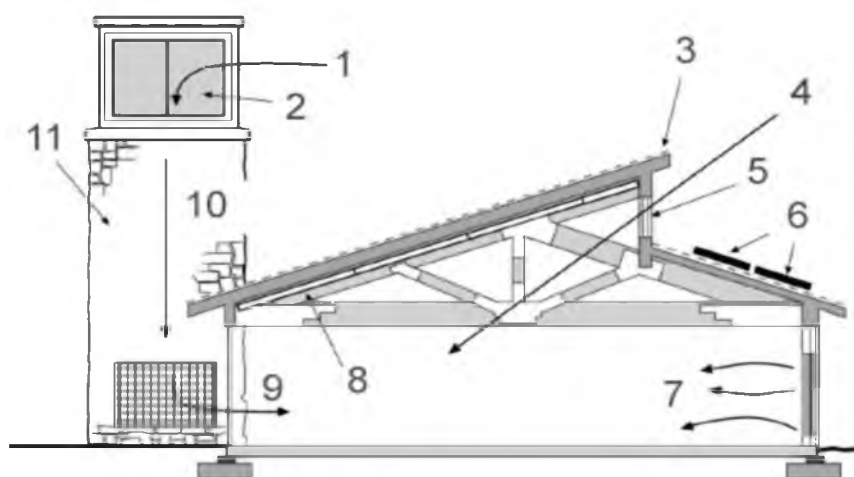
Еще одной технологией, связанной с солнечным дымоходом, является испарительная градирня с нисходящим потоком. В регионах с жарким и

засушливым климатом этот метод может обеспечить устойчивое кондиционирование воздуха в зданиях.

Принцип заключается в том, что вода находится в верхней части башни и испаряется при помощи охлаждающих подушек или путем распыления. Это приводит к охлаждению поступающего воздуха и созданию нисходящего потока прохладного воздуха, что способствует снижению температуры внутри здания.

Для усиления воздушного потока можно использовать описанный выше солнечный дымоход на противоположной стороне здания, чтобы помочь выводить горячий воздух наружу.

Принцип работы градирни с нисходящим потоком был предложен и для производства солнечной энергии.



1. входящие потоки горячего воздуха; 2. испарительно-охлаждающие прокладки; 3. выступы здания; 4. естественное освещение; 5. функциональное окно; 6. фотovoltaические панели; 7. нагрев, исходящий от Стены Тромба; 8. потолочные панели; 9. охлажденный воздух; 10. естественный нисходящий поток; 11. охлаждающая башня.

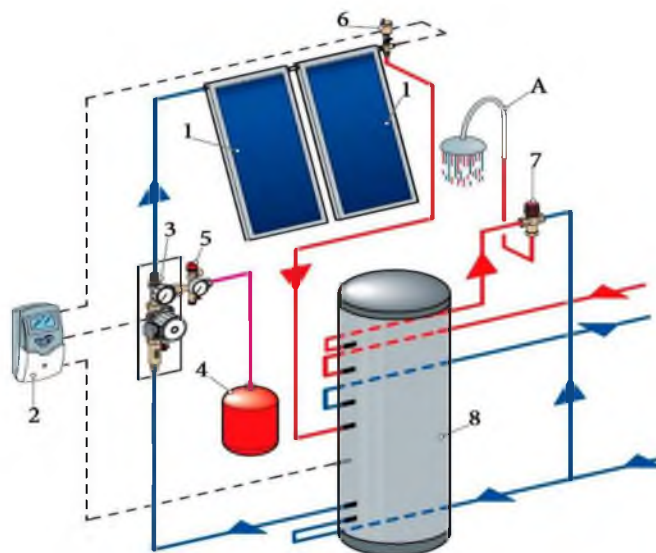
Рисунок 2.7 – Устройство градирни

Для нагрева воды можно использовать солнечные системы горячего водоснабжения (ГВС), которые используют для нагрева воды солнечный свет. В средних географических широтах солнечными системами отопления может

быть обеспечено 60–70 % потребления горячей воды для бытовых нужд[1, с. 55].

Согласно исследованиям Международного Энергетического Агентства от 2015 года, наиболее распространенными типами солнечных водонагревателей являются вакуумные трубчатые коллекторы и застекленные плоские коллекторы, – обычно используемые для горячей воды для бытовых нужд, – и незастекленные пластиковые коллекторы, – используемые в основном для обогрева бассейнов.

На рисунке ниже показано стандартное устройство работы системы ГВС при помощи гелиосистемы (рисунок 2.8).



1.солнечный коллектор;2 контроллер;3.насосная группа; 4. расширительный бачок; 5. предохранительный сбросной клапан; 6. отводчик воздуха; 7. смеситель; 8. бойлер с одним теплообменником; А. потребители ГВС.

Рисунок 2.8 – Схема подключения гелиосистемы для ГВС на основе плоских коллекторов

Продолжая говорить о пользе солнечной радиации в быту, нельзя не упомянуть солнечные плиты для готовки пищи. Солнечная плита – это простое устройство, которое использует энергию прямых солнечных лучей для нагрева, приготовления или пастеризации напитков и еды. Многие солнечные плиты, используемые по сей день, являются относительно недорогими и

низкотехнологичными устройствами. Однако также существуют и мощные, более дорогие, продвинутые, крупномасштабные солнечные плиты.

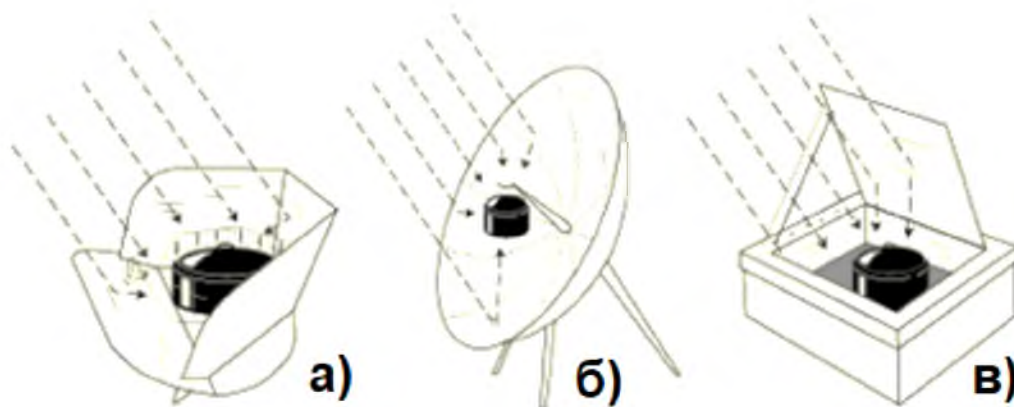
Благодаря тому, что такие устройства не требуют использования топлива и не нуждаются в особых условиях для работы, многие некоммерческие организации на всем свете пропагандируют их использование.

Это поможет снизить затраты на топливо, предотвратить загрязнение воздуха, а также препятствовать дальнейшему обезлесению и опустыниванию.

Идею использования солнечной энергии для приготовления пищи впервые описал швейцарский геолог, метеоролог, физик и альпинист Гораций-Бенедикт де Соссюр еще в 1767 году. А в конце 1870-х годов этот принцип значительно развился благодаря работам французского Иностранного легиона.

Основной принцип работы заключается в следующем: солнечный свет концентрируется с помощью зеркальной поверхности с высокой степенью отражения в небольшой зоне приготовления пищи

Геометрия поверхности (рисунок 2.9) позволяет сконцентрировать солнечный свет на несколько порядков выше, что создает достаточно высокие температуры для плавления металла и соли.



1 - панельная плита; 2- плита с параболическими панелями; 3 - коробчатая плита.

Рисунок 2.9 – Вариации геометрии плит для приготовления пищи

Продукты для приготовления пищи на солнечных батареях обычно предназначены для достижения температур от 65 °С для выпечки, до 400 °С для гриля или обжаривания в солнечный день.

Солнечную печь обращают к Солнцу и оставляют до тех пор, пока пища не будет приготовлена. В отличие от приготовления пищи на плите или на огне, что может потребовать более часа постоянного наблюдения, пища в солнечной печи, как правило, не перемешивается и не переворачивается, как потому, что в этом нет необходимости, так и потому, что открытие солнечной печи допускает выход захваченного тепла наружу, тем самым замедляя процесс приготовления.

Кастриули и сковородки, используемые на солнечных плитах, должны быть матово-черного цвета и со стеклянными крышками, чтобы максимизировать поглощение.

Несмотря на ряд очевидных недостатков, солнечные плиты имеют огромное значение в сохранении окружающей среды и сокращении расходов (рисунок 2.10)

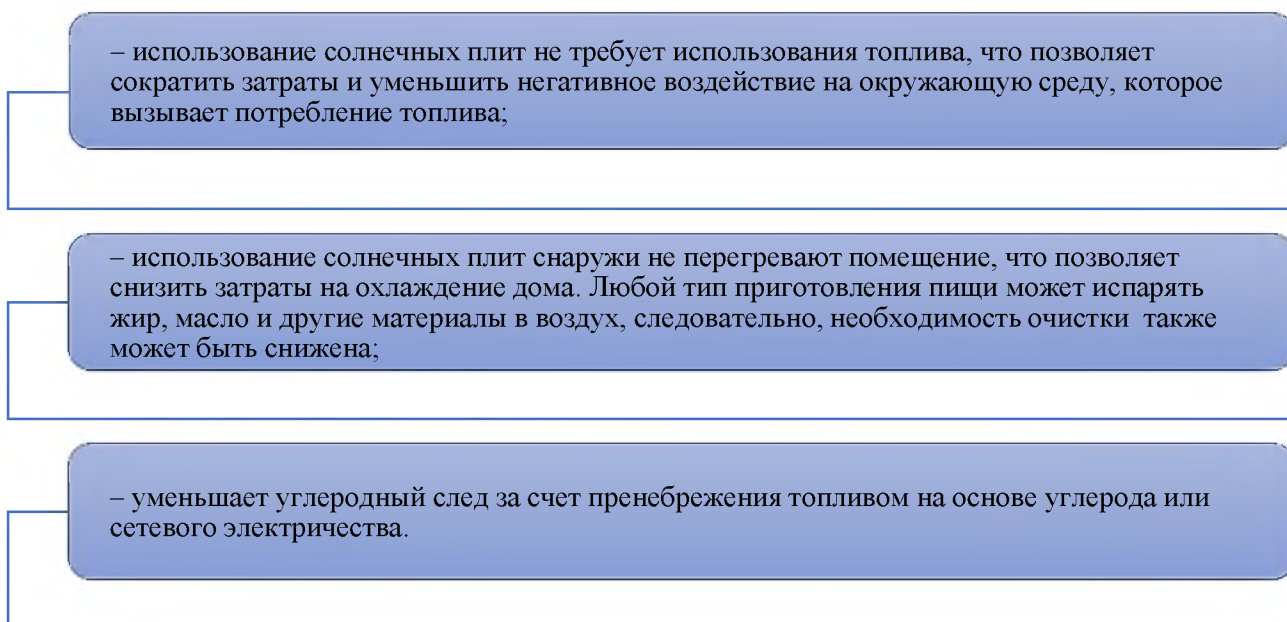


Рисунок 2.10 — Преимущества эксплуатации солнечных плит

Согласно данным ВОЗ, более 2,5 миллиарда людей используют топливо из биомассы для приготовления пищи на открытом огне. В этой связи, применение солнечных плит может иметь значительные экономические и экологические преимущества, так как это помогает сократить вырубку лесов[7,

с.85]. Кроме того, базовая коробчатая плита, состоящая из изолированного контейнера с прозрачной крышкой, может эффективно использоваться даже при частично пасмурном небе, и обычно нагревается до 90–150 °С.

Но использование солнечных печей не ограничивается только лишь кухней. На самом деле, их применение куда шире. Температура в фокусе печи может достигать 3500 °С, и это тепло, как было упомянуто выше, может иметь разнообразное применение (рисунок 2.11).

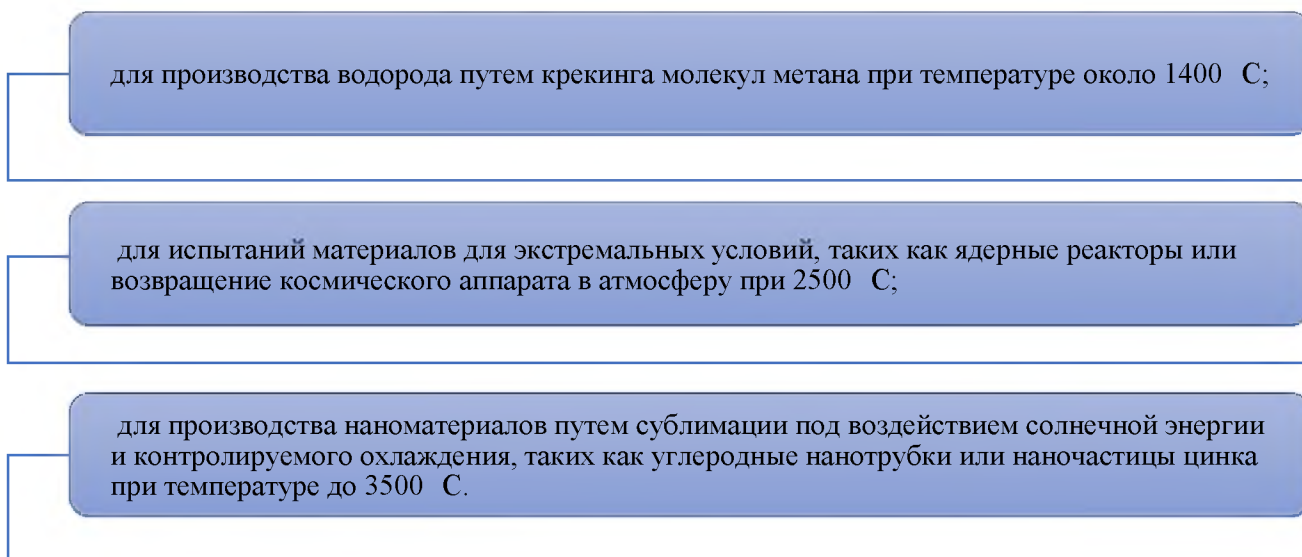


Рисунок 2.11 – Области применения солнечных печей

Помимо этого, было высказано предположение, что солнечные печи могут использоваться в космосе для обеспечения энергии в производственных целях.

Принято считать, что исторически первая современная солнечная печь была построена во Франции в 1949 году профессором Феликсом Тромбе на Пиринеях. Последние были выбраны в качестве идеального места базирования по причине того, что в этом районе до 300 дней в году наблюдается ясное небо.

Солнечная печь «Одеилло» – это более крупная и мощная солнечная печь. Она была построена в 1962–1968 годах и начала функционировать в 1969 году. В настоящее время она является самой мощной, исходя из достижимой температуры 3500 °С. Пруды-испарители, использующиеся в этой технологии,



представляют собой неглубокие бассейны, в которых растворенные твердые вещества концентрируются путем испарения.

Кстати, использование прудов-испарителей для получения соли из морской воды является одним из старейших применений солнечной энергии. Современное использование включает концентрирование растворов, используемых при выщелачивании, и удаление растворенных твердых веществ из потоков отходов.

При проектировании домов в симбиозе с солнечными технологиями, технологическим венцом в данном контексте можно по праву считать дом с нулевым потреблением энергии.

Один из таких домов построен в Германии и изображен на рисунке 2.12.



Рисунок 2.12 – Здание, оснащенное технологиями добычи и преобразования солнечной энергии

Здание с нулевым потреблением энергии, также известное как здание нулевой энергии или здание с нулевым энергетическим балансом, представляет собой здание, которое потребляет столько же энергии, сколько само производит.

Оно обеспечивает свою энергетическую потребность из возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия.

Проектирование и строительство здания с нулевым потреблением энергии требует интеграции энергоэффективных мероприятий и использования передовых технологий. Вот некоторые ключевые аспекты, которые обычно учитываются при создании зданий с нулевым потреблением энергии:

**Энергоэффективный дизайн.** Здания с нулевым потреблением энергии должны быть хорошо изолированы и иметь минимальные потери тепла или холода. Использование энергоэффективных материалов, утепления, улучшенных оконных систем и герметичных конструкций помогает снизить потребление энергии на отопление или охлаждение здания.

**Использование возобновляемых источников энергии.** Солнечные панели могут быть установлены на здании или в его близости для генерации электроэнергии. Солнечная энергия является основным источником энергии в зданиях с нулевым потреблением энергии. Энергия, собранная от солнечных панелей, может быть использована для питания систем отопления, охлаждения, освещения и других электрических устройств в здании.

**Применение энергоэффективных систем отопления и охлаждения,** таких как тепловые насосы, тепловые коллекторы или геотермальные системы, помогает снизить энергопотребление здания. Эти системы используют минимальное количество энергии для поддержания комфортной температуры внутри помещений.

**Использование энергоэффективных осветительных систем,** таких как светодиодные лампы, помогает снизить энергопотребление на освещение здания. Эти системы потребляют меньше энергии и имеют долгий срок службы по сравнению с традиционными источниками освещения.

Здания с нулевым потреблением энергии имеют ряд преимуществ. Они снижают зависимость от традиционных источников энергии, сокращают выбросы парниковых газов и помогают бороться с изменением климата

Кроме того, такие здания могут существенно сэкономить энергозатраты и снизить расходы на энергию в долгосрочной перспективе. Также следует обратить внимание на концепцию пассивного дневного радиационного охлаждения (ПДРО). Этот метод охлаждения, предложенный в качестве решения проблемы глобального потепления, является возобновляемым и основывается на усилении земного теплового потока в космическое пространство.

Для этого на Земле устанавливаются теплоизлучающие поверхности, которые не требуют энергии или загрязнения, и спроектированы так, чтобы иметь высокую солнечную отражательную способность для минимизации теплоотдачи и передавать тепло через инфракрасное окно атмосферы до низких температур в дневное время.

Такой метод также известен как пассивное радиационное охлаждение, дневное пассивное радиационное охлаждение, радиационное охлаждение неба, фотонное радиационное охлаждение и земное радиационное охлаждение. Этот метод базируется на свойствах материалов и использовании естественных процессов для охлаждения, что делает его более экологически чистым и эффективным.

Согласно некоторым оценкам, выделение всего 1–2 % площади поверхности Земли для ПДРО может привести к прекращению потепления и балансированию повышения температуры до приемлемого уровня. Региональные различия имеют разный потенциал охлаждения, при этом использование ПДРО более эффективно в пустынных и умеренных климатах, чем в тропических, где влажность и облачный покров могут снижать эффективность метода.

Для достижения углеродной нейтральности в охлаждении были разработаны недорогие и масштабируемые материалы ПДРО, такие как покрытия, тонкие пленки, метаткани, аэрогели и биоразлагаемые поверхности. Они способны снижать необходимость в кондиционировании воздуха,

уменьшать температуру человеческого тела в экстремальной жаре и являются методом охлаждения с нулевым энергопотреблением.

Эти материалы готовы для массового производства и могут быть широко использованы в будущем.

Применение ПДРО не только может улучшить охлаждение, но также повысить эффективность солнечных систем энергии, методов сбора росы и производства термоэлектроэнергии.

При необходимости ПДРО могут быть адаптированы для переключения на отопление, чтобы избежать потенциальных эффектов переохлаждения в городских условиях. Кроме того, ПДРО были разработаны в цветах, отличных от белого, хотя это может снизить их эффективность, поскольку поверхности более темного цвета менее отражают солнечное излучение.

Интерес к ПДРО резко возрос в 2020-х годах благодаря научному прорыву в использовании фотонных метаматериалов для достижения дневного охлаждения в 2014 году и общей обеспокоенности по поводу потребления энергии и глобального потепления. Исследования и разработки в этой области продолжаются, что может привести к новым и более эффективным материалам и методам охлаждения в будущем.

ПДРО не предлагается как единственное решение проблемы глобального потепления, а как дополнительное средство в сочетании с глобальным сокращением выбросов CO<sub>2</sub> и переходом к более чистым источникам энергии.

Некоторые исследования сосредотачиваются на максимизации альбедо поверхностей – от низких до высоких значений (если это возможно), чтобы достичь теплоизлучения не менее 90 %.

Например, повышение отражательной способности городской крыши с 0,2 до 0,9 гораздо более эффективно, чем увеличение уже отражающей поверхности, например, с 0,9 до 0,97. Однако ПДРО всегда рассматриваются только как один из возможных методов борьбы с глобальным потеплением, и их использование должно быть рассмотрено в контексте других стратегий и подходов к борьбе с климатическим кризисом.

В исследованиях отмечены следующие преимущества широкомасштабного внедрения пассивного дневного радиационного охлаждения:

- продвижение к углеродно-нейтральному будущему и достижению нулевых выбросов,
- облегчение электрических сетей и возобновляемых источников энергии от использования электроэнергии для охлаждения,
- коррекция энергетического баланса Земли,
- охлаждение температуры тела человека во время сильной жары,
- совершенствование систем сбора атмосферных вод и методов сбора росы,
- повышение производительности солнечных энергетических систем,
- смягчение энергетических кризисов.
- сокращение выбросов парниковых газов за счет замены использования энергии ископаемого топлива, предназначенной для охлаждения.
- снижение локального и глобального повышения температуры, связанного с глобальным потеплением.
- снижение теплового загрязнения водных ресурсов.
- снижение расхода воды на мокрое охлаждение.

Говоря о воде: во многих странах существует проблема с питьевой водой. Так, чтобы сделать соленую или солоноватую воду пригодной для питья, может быть использована солнечная дистилляция. Это практиковали еще арабские алхимики в 16 веке.

Крупномасштабный проект солнечной дистилляции был впервые реализован в 1872 году в чилийском шахтерском городке Лас-Салинас. Построенный там завод, площадь сбора солнечной энергии которого составляла 4700 м<sup>2</sup>, мог производить до 22700 литров в день и работать в течение 40 лет. Отдельные конструкции неподвижных аппаратов включают односкатные, двухскатные, вертикальные, конические, перевернутые поглотители, многофитильные и многоступенчатые. Эти дистилляторы могут работать в пассивном, активном или гибридном режимах. Двухскатные

дистилляторы являются наиболее экономичными для децентрализованных бытовых целей, в то время как активные многоступенчатые установки больше подходят для крупномасштабных применений.

По различным научным оценкам, из 22 миллионов м<sup>3</sup> ежедневной пресной воды, производимой путем опреснения во всем мире, менее 1 % использует солнечную энергию.

Преобладающие методы опреснения являются энергоемкими и в значительной степени зависят от ископаемого топлива. Из-за дешевых методов доставки пресной воды и изобилия недорогих энергетических ресурсов солнечная дистилляция считалась непомерно дорогой и непрактичной. Подсчитано, что опреснительные установки, работающие на традиционных видах топлива, потребляют эквивалент 203 миллионов тонн топлива в год [20].

Помимо этого, существует такой процесс, как солнечная дезинфекция воды (СОДЕЗ). Этот метод включает использование солнечного света для дезинфекции пластиковых бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ), заполненных водой, которая непригодна для питья из-за загрязнения бактериями или вирусами. Время, необходимое для дезинфекции воды, зависит от погоды и климата: от 6 часов до двух дней.

Солнечная дезинфекция обычно осуществляется с помощью сочетания электроэнергии, тепла и ультрафиолета. СОДЕЗ использует фотоэлектрические элементы для генерации электричества, которое затем применяется для электролитических процессов, дезинфицирующих воду.

Другой метод использует накопленное солнечное электричество для питания ультрафиолетовой лампы, которая проводит вторичную солнечную дезинфекцию воды ночью или при слабом освещении. В обоих методах происходит уничтожение патогенов, повреждая их химическую структуру с помощью окислительных свободных радикалов, генерируемых электрическим током или ультрафиолетовым излучением.

Солнечная термальная дезинфекция воды – это метод, который использует солнечное тепло для быстрого нагрева воды до температуры 70-

100°C. Для этого могут использоваться солнечные коллекторы с линзами или отражателями, а также различные уровни изоляции или остекления. Некоторые процессы солнечной термической дезинфекции воды проводятся периодически, в то время как другие (например, сквозная солнечная тепловая дезинфекция) работают практически непрерывно в течение всего солнечного дня. Вода, которая была нагрета до температуры менее 100 °С, обычно называется пастеризованной.

Также существует метод ультрафиолетовой дезинфекции, который использует УФ-излучение для уничтожения болезнетворных микроорганизмов в воде. Метод СОДЕЗ комбинирует УФ-излучение и повышенную температуру для дезинфекции воды, используя только солнечный свет и переработанные пластиковые бутылки из ПЭТ.

ВОЗ рекомендует данный метод как эффективный способ очистки воды в домашних условиях и безопасного хранения. Более двух миллионов людей в развивающихся странах используют этот метод для получения питьевой воды ежедневно. Тем не менее, существуют некоторые ограничения и особенности использования данного метода, которые не будут рассматриваться в данной работе.

Кроме того, стоит упомянуть, что солнечная энергия может быть использована для стабилизации состояния воды в прудах и для очистки сточных вод без использования химикатов или электричества.

Относительно использования солнечной радиации в промышленности, можно отметить, что расплавленная соль может использоваться как метод хранения тепловой энергии. Проект «Солар Два» (англ. Solar Two), который был реализован в период с 1995 по 1999 год, продемонстрировал этот метод.

Прогнозируется, что данная система будет иметь годовой коэффициент полезного действия (КПД) на уровне 99 %, что является более эффективным способом сохранения тепла перед его превращением в электричество, чем конвертация тепла непосредственно в электричество.

Существует несколько различных смесей расплавленных солей, но наиболее распространенная содержит нитраты натрия, калия и кальция. Эта смесь является негорючей и нетоксичной, и используется в химической и металлургической промышленности в качестве теплоносителя. Поэтому опыт работы с такими системами уже имеется даже в технологиях, которые не связаны с использованием солнечных батарей.

При использовании данного метода, соль плавится при температуре 131 °С и затем хранится в жидком состоянии при температуре 288 °С в изолированном холодном резервуаре.

Жидкая соль прокачивается через панели в солнечном коллекторе, где она нагревается до 566 °С за счет сфокусированного солнечного излучения, а затем направляется в резервуар для горячего хранения. Этот резервуар настолько хорошо изолирован, что тепловая энергия может сохраняться в течение недели.

Для получения электричества горячая соль перекачивается в обычный парогенератор, который используется для производства перегретого пара для турбины или генератора на угольной, нефтяной или атомной электростанции. Для работы турбины мощностью 100 МВт потребуется резервуар высотой около 9,1 м и диаметром 24 м, который позволит поддерживать работу в течение 4-х часов.

Так, данную концепцию для хранения тепловой энергии используют несколько электростанций с параболическим желобом в Испании и разработчик башен солнечной энергии «СоларРезерв» (англ. SolarReserve).

Генерирующая станция «Солана» (англ. Solana) в США может шесть часов хранить расплавленную соль. В Чили электростанция «Серро Доминадор» имеет солнечно-тепловую башню мощностью 110 МВт, тепло передается расплавленными солями.

Особое внимание заслуживает тема использования солнечной радиации в транспортной отрасли, где она используется для питания электрических транспортных средств.



Панели, которые получают энергию от Солнца, монтируются на крыши автомобилей, автобусов, самолетов, лодок и других средств передвижения, что позволяет им увеличить дальность поездок и обеспечить дополнительную энергию.

Существует несколько технологий, позволяющих реализовать эту за Солнечные автомобили – это электромобили, которые используют фотоэлектрические элементы для преобразования солнечного света в электрическую энергию, которая заряжает аккумуляторы и питает электродвигатели.

Их первоначальное назначение – гонки и общественный транспорт. Они должны быть легкими и эффективными, чтобы максимизировать производительность при ограниченной мощности. Транспортные средства, весом более тонны, на данный момент менее практичны. В 2013 году студентами из Нидерландов был создан первый семейный автомобиль на солнечных батареях – «Стелла».

Он может проехать до 890 км на одной зарядке при солнечном свете, весит 390 кг и имеет солнечную батарею мощностью 1,5 кВтч. Его преемник, «Стелла Люкс», установил рекорд хода на одной зарядке – 1500 км и способен проехать 1100 км за день во время гонок. При скорости 72 км/ч, у него бесконечный запас хода, связанный с высокой эффективностью, включая коэффициент лобового сопротивления 0,16.

Среднестатистической семье, которая никогда не проезжает более 320 км в день, никогда не нужно будет заряжаться от сети.

Солнечные гоночные автомобили обычно оснащены датчиками и/или беспроводной телеметрией для тщательного контроля за потреблением энергии, захвата солнечной энергии и другими параметрами. Использование беспроводной телеметрии является предпочтительным, так как это позволяет водителю сконцентрироваться на управлении автомобилем, что может быть опасным в безопасном автомобиле.

Система солнечного электромобиля была разработана и сконструирована как простая в установке (от 2 до 3 часов) интегрированная вспомогательная система, включающая изготовленный на заказ низкопрофильный солнечный модуль, дополнительный аккумуляторный блок и систему контроля заряда.

Некоторые из студентов, которые построили «Стелла Люкс», основали компанию «Лайтйер» (англ. Lightyear) для коммерциализации этой технологии. Американская компания «Аптера Моторс» (англ. Aptera Motors) также была основана для создания эффективных солнечных электромобилей для населения. В Германии компания «Соно Моторс» (англ. Sono Motors) работает над своим солнечным электромобилем «Сион» (англ. Sion), который должен появиться на рынке уже в этом, 2023 году.

Батарейные электромобили также могут использовать солнечную энергию для подзарядки путем подключения к внешним солнечным батареям. Такие массивы могут быть также подключены к общей дистрибьюторской электрической сети.

Вкупе с этим можно упомянуть, что в республике Адыгея в декабре 2020 г. компанией «ШЕЛЛ» (англ. SHELL) была открыта 3-я в России АЗС, оснащенная солнечной электростанцией. Станция состоит из 65 солнечных модулей российского производства, размещенных на крыше АЗС на площади 350 м<sup>2</sup>. Установленная мощность станции составляет 20,48 кВт, прогнозная выработка – 25 МВт/ч в год, что эквивалентно использованию 7,5 тыс. м<sup>3</sup> природного газа.

Солнечные автобусы используют солнечную энергию, которая собирается со стационарных панелей на 100 % или частично. В городе Аделаида, Австралия, по инициативе местного совета создали бесплатный общественный транспорт – 100 % солнечный автобус «Тиндо». В Китае введены в действие частично солнечно-электрические автобусы, оснащенные солнечными батареями на крышах для уменьшения энергопотребления и продления срока службы аккумуляторной батареи.

Первые солнечные «автомобили» были трехколесными велосипедами или квадроциклами, созданными на основе велосипедной технологии. Они были названы солнечными мобилями и использовались в первой солнечной гонке – Тур де Соль, проходившей в Швейцарии в 1985 году. Из 72 участников половина работала исключительно на солнечной энергии, а другая половина использовала гибриды.

Существовали также солнечные велосипеды с большой солнечной крышей, небольшой задней панелью или прицепом с солнечной панелью, а позже были разработаны более практичные модели со складными панелями, которые можно было устанавливать только во время парковки. В настоящее время доступны высокотехнологичные электрические велосипеды, потребляющие настолько мало энергии, что стоимость эквивалентного количества солнечной электроэнергии является невысокой. Аналогичная система применяется для электрических мотоциклов, которые были первоначально созданы для участия в Тур де Соль.

Лодки на солнечных батареях в основном были ограничены реками и каналами, но в 2007 году экспериментальный 14-метровый катамаран «Сан21» (англ. Sun21) проплыл по Атлантике из Севильи в Майами, а оттуда в Нью-Йорк. Это было первое пересечение Атлантики, питаемое только от солнечной энергии.

Крупнейшая судоходная линия Японии «Ниппон Йюсен КК» (англ. Nippon Yusen KK) и «Ниппон Ойл Корпорэйшн» (англ. Nippon Oil Corporation) заявили, что солнечные панели, способные генерировать 40 киловатт электроэнергии, будут размещены на крыше шестидесяти 213-тонных автобусов, которые будут использоваться «Тойота Мотор Корпорэйшн» (англ. Toyota Motor Corporation).

В 2020 году была представлена яхта-катамаран «Туранор ПланерСолар» (англ. Turanor PlanetSolar) длиной 30 метров и шириной 15,2 метра, оснащенная солнечными панелями площадью 470 квадратных метров. На данный момент это самая большая лодка на солнечных батареях из когда-либо построенных. В

2012 году «ПланетСолар» стал первым в истории солнечным электромобилем, совершившим кругосветное плавание.

Солнечные воздушные суда могут быть как дирижаблями на солнечных батареях, так и гибридными дирижаблями. Военные заинтересованы в использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые могут оставаться в воздухе на протяжении нескольких месяцев благодаря солнечной энергии. Это делает такие летательные аппараты гораздо более доступными для выполнения некоторых задач, которые сегодня выполняются спутниками.

В 2007 году был зарегистрирован первый успешный полет БПЛА на постоянной солнечной энергии длительностью 48 часов. Скорее всего, это станет первым коммерческим использованием фотоэлектрических элементов в полетах. Было построено много демонстрационных солнечных самолетов, некоторые из самых известных «АэроВайронмент».

Использование солнечной энергии распространено в качестве источника питания для спутников и космических аппаратов, действующих внутри Солнечной системы. Это объясняется её способностью поставлять энергию на протяжении продолжительного времени без необходимости избыточной массы топлива.

В спутнике связи содержатся несколько радиопередатчиков, которые работают непрерывно в течение всего срока его службы. Использование первичных батарей или топливных элементов для питания такого транспортного средства (которое может находиться на орбите в течение многих лет) было бы неэффективным с точки зрения экономии ресурсов, а дозаправка на орбите нецелесообразна. Однако солнечная энергия обычно не применяется для коррекции положения спутника, и срок его службы будет ограничен запасом топлива на борту.

На орбите Марса несколько космических аппаратов воспользовались солнечной энергией в качестве основного источника питания для своих двигательных систем.

Современные космические аппараты, работающие на солнечной энергии, обычно используют солнечные панели в сочетании с электрическими двигателями, особенно ионными, что обеспечивает очень высокую скорость выброса и существенное снижение расхода топлива по сравнению с обычными ракетами, порядком более чем в десять раз. Учитывая, что топливо обычно составляет основную часть массы многих космических аппаратов, это существенно снижает затраты на их запуск.

Существуют и другие подходы к солнечным космическим аппаратам, включая использование солнечного теплового нагрева топлива, как правило, водорода или, иногда, воды. Еще одной концепцией солнечного привода в космосе является световой парус, который не требует преобразования световой энергии в электрическую, а полагается на крошечное, но постоянное давление излучения света.

Возможно, самыми успешными солнечными транспортными средствами были марсоходы, используемые для исследования поверхностей Луны и Марса. Программа «Луноход» 1977 года и «Марс Патфайндер» (англ. Mars Pathfinder) 1997 года использовали солнечную энергию для приведения в движение дистанционно управляемых транспортных средств. Срок службы этих марсоходов намного превышал пределы выносливости, которые были бы установлены, если бы они эксплуатировались на обычном топливе. Два марсохода «Марс Эксплорейшн» (англ. Mars Exploration) также использовали солнечную энергию.

### 3 Проблемы использования солнечной энергии и возможные пути решения

Солнечные панели – отличный способ сократить расходы на электроэнергию и повысить энергетическую независимость. В сочетании с солнечной батареей панели могут помочь потребителю отключиться от электросети и обеспечить электроэнергией все потребности.

Однако есть ряд проблем, которые могут возникнуть с солнечными панелями. Эти проблемы возникают нечасто, но, когда они возникают, они могут поставить под угрозу эффективность солнечных панелей и даже вызвать проблемы во всей гелиосистеме. Чтобы предотвратить это, потенциальному потребителю необходимо знать, что это такое, и какие меры можно предпринять, чтобы обеспечить защиту панелей и их максимальную эффективность.

Солнечная батарея стоит недешево, и потеря даже одной целой панели может значительно снизить выходную мощность, увеличивая углеродный след за счет уменьшения количества чистой энергии, которую может производить система.

Крошечные трещины, «следы улиток» и проблемы с атмосферным воздействием могут показаться незначительными, но они могут нанести ущерб системе, которая, как предполагается, прослужит как минимум 20-25 лет.

Стоимость массива солнечных панелей – это самая большая и очевидная проблема, с которой многие сталкиваются при попытке переключиться на солнечную энергию.

Сами солнечные панели, возможно, не так затратны, но все остальные компоненты системы и сама установка требуют немалых денежных вложений. Нужно оплатить электропроводку, солнечный инвертор, контроллер заряда, транспортировку и обработку солнечных панелей, установка солнечных панелей и т.п.

Солнечная батарея может легко удвоить стоимость всей системы, но

часто не является необходимой частью системы.

Тип солнечной панели также может увеличить или уменьшить стоимость гелиосистемы. Существует три основных вида солнечных панелей:

- 1) монокристаллические,
- 2) поликристаллические,
- 3) тонкопленочные.

Каждый из этих видов имеет свои плюсы и минусы. Сводка приведена в таблице ниже.

Таблица 3.1 – Сводка характеристик солнечных панелей.

Тип солнечной панели	Эффективность	Стоимость	Применение
Поликристаллическая	15-20 %	Высокая	Жилые дома, коммерческая недвижимость
Монокристаллическая	13-16 %	Средняя	Жилые дома, Коммерческая недвижимость, Солнечные фермы
Тонкопленочная	7-18 %	Низкая	Специальные применения, обычно на неровных поверхностях, таких как дома на колесах и лодки

Монокристаллические панели очень эффективны, обычно около 20 %, поэтому с такой конфигурацией может понадобится меньше панелей для удовлетворения потребности в энергии, однако такие панели будут стоить дороже. Поликристаллические панели, с другой стороны, менее эффективны, но и стоят дешевле.

Тем не менее, их может понадобится чуть больше для удовлетворения энергетических потребностей, какими бы они ни были. Тонкопленочные солнечные панели имеют низкий уровень эффективности, но также стоят дешевле.

Вторая проблема – производство солнечной энергии нестабильно. Плохая погода, грязь, пыль и множество других проблем могут снизить мощность установленных солнечных панелей.

Выбор более эффективных панелей повысит скорость выработки энергии. Монокристаллические панели, как известно, более эффективны, производят

больше энергии даже под снегом и менее подвержены потерям генерирующих мощностей при очень высоких или очень низких температурах.

В дополнение к этому, также может быть полезно убедиться, что панели не затенены в течение дня. Панели, размещенные на специальных системах слежения за солнцем, также будут более эффективными, чем стационарные панели.

Природный фактор. Погода, птицы, почва и пыль, насекомые и соленая вода могут вызвать проблемы с выработкой энергии, отдельные из которых рассмотрены ниже:

1) снег. Снег может привести к значительному снижению мощности, которую могут производить солнечные батареи. По мере того, как снег затеняет их, они теряют свою эффективность и потенциал генерации. Негативный эффект от этого можно смягчить, выбрав монокристаллические панели. Известно, что они лучше работают в условиях частичного затенения (например, от снега) и могут быть еще более эффективными в условиях низкой освещенности, если они были произведены с помощью половинчатых солнечных элементов.

2) молния. Удары молнии могут нанести очень серьезный ущерб солнечной энергетической системе. Поэтому такая система должна быть заземлена, чтобы не повредить другие приборы в доме.

3) птицы. Птичий помет может быть очень агрессивным, и хотя он может падать на стекло, где не может быть нанесено никаких повреждений, кроме пятнистого затенения, он также может упасть на металлический корпус и вызвать коррозию. Это, в свою очередь, может стать причиной проникновения воды и существенного повреждения самой панели. Они могут использовать свои клювы, чтобы повредить заднюю панель или проводку, выходящую из панели, и могут в целом нанести ущерб, который приведет к снижению эффективности. Для предотвращения этого типа повреждений может быть установлена защитная сетка и другие решения.

4) пыль. В ветренных районах частой проблемой для солнечных



панелей может стать загрязнение пылью. Чтобы панели оставались на пике эффективности, их нужно регулярно протирать.

5) насекомые. Это еще одна распространенная проблема. Хотя они не могут точно испачкать сами панели, их собственное гнездо может вызвать некоторые из распространенных проблем – перегрев и нарушенную циркуляцию воздуха. Осиные и пчелиные гнезда могут быть очень проблематичными. В таком случае стоит вызвать дезинсектора.

6) морская вода. Соленая вода не входит в список распространенных проблем, которые могут возникнуть с панелями. Однако в прибрежных морских районах соль может вызвать проблемы с солнечными панелями двумя способами: во-первых, она может разъесть металлический корпус панели, вызывая попадание воды и влаги и снижая общую вырабатываемую мощность.

С другой стороны, соляной туман может образовывать тонкую пленку на верхней части солнечных панелей, вызывая даже больше проблем, чем пыль – поскольку соль белая, она отражает больше солнечного света от панелей.

Микротрещины фотоэлементов могут влиять на то, сколько солнечной энергии может быть произведено, и являются одной из наиболее распространенных проблем, с которыми можно столкнуться. Эти микротрещины могут вызвать целый ряд различных проблем с этой сложной технологией и даже вывести некоторые солнечные элементы из строя.

В отличие от распространенного мнения, микротрещины не вызваны градом или другими воздействиями, чаще всего образуются при резких и больших перепадах температуры окружающей среды. По мере повышения температуры, солнечные элементы расширяются, но как только температура становится ниже, они снова сжимаются.

Микроскопические трещины являются серьезной проблемой, которая может значительно снизить эффективность солнечных панелей. Они также могут помешать системе функционировать с максимальной производительностью. Если несколько солнечных элементов повреждены, все солнечные панели могут выйти из строя, что приведет к производству

меньшего количества энергии, чем обычно. Микротрещины могут вызвать другие проблемы с электричеством, включая возгорание.

Расслоение пленки. Каждая солнечная панель защищена ламинирующей пленкой. Расслоение может произойти, когда эта пленка повреждена, поэтому она начинает отслаиваться. Такая проблема может перерасти в еще большую, так как она может вызвать коррозию защитного слоя на солнечной панели, а при попадании воды и влаги внутрь они также могут вызвать внутреннюю коррозию. Учитывая, что электроны не могут проходить через корродированные металлы, ясно, что все затронутые солнечные элементы будут иметь проблемы с подачей электричества. В конце концов, только чистые, неподверженные коррозии металлы имеют низкое сопротивление, что имеет решающее значение для повышения эффективности панелей. Эти проблемы чаще всего возникают из-за некачественной производственной линии или внешних факторов, таких как град и другие формы повреждения.

Потенциальная деградация (ПД) является еще одной распространенной проблемой, которая может случиться с солнечными панелями. Это происходит, когда на поверхности панели накапливается электрический заряд, который со временем может медленно ухудшать производительность панели. ПД может произойти из-за различных факторов, в том числе из-за неправильной установки или воздействия экстремальных температур.

Чтобы предотвратить ПД, крайне важно, чтобы система солнечных панелей была установлена профессионалом, который знает, как правильно обращаться с постоянным током. Кроме того, важно убедиться, что панели хорошо защищены от экстремальных температур, и что пользователь осведомлен о необходимости регулярных проверок системы для выявления любых признаков износа. Таким образом, можно поддерживать эффективную работу солнечных панелей и продлевать срок их службы.

Проблемы с крышей. Очень важно проверить состояние крыши перед установкой солнечных панелей. Большинство проблем связаны с повреждением

водой и нарушением структурной целостности. Тщательная установка является ключом к их предотвращению.

Инверторы и проводка. Среди наиболее распространенных проблем – инверторы, срок службы которых подошел к концу. Поскольку они рассчитаны на 10–15 лет, потребителю, вероятно, придется поменять не один инвертор.

Более того, солнечные панели могут испытывать проблемы с их электрическими соединениями. Как правило, эта проблема возникает в случае неплотного соединения или обрыва проводки. Если это не исправить, это может привести к потере электроэнергии или даже пожару [24, с.112].

Что касается проблем по транспорту, то несмотря на все явные преимущества использования энергии солнца в транспорте, существуют ограничения на использование фотоэлектрических элементов для транспортных средств.

Например, плотность мощности. Размер транспортного средства и доступная площадь для установки солнечных панелей ограничивают мощность солнечной батареи. Однако добавление дополнительных модулей и их подключение к автомобилю может помочь преодолеть это ограничение, предоставляя больше места для установки панелей питания. Хотя энергия может накапливаться в батареях, это увеличивает вес и стоимость автомобиля. Мощность солнечной батареи можно увеличить, зарядив ее от электрической сети.

Несмотря на то, что солнечный свет является бесплатным, фотоэлементы, которые используются для его захвата, стоят денег. Тем не менее, цена на солнечные батареи снизилась на 99 % за последние четыре десятилетия, и ожидается, что их стоимость продолжит снижаться.

При том, что солнечный свет не имеет срока службы, фотоэлементы имеют. В 1980-х годах срок службы солнечного модуля составлял около 30 лет. Стационарные фотоэлектрические панели, как правило, поставлялись с гарантией на уровне 90 % от номинальной мощности через 10 лет и 80 % через 25 лет. Мобильные устройства, такие как портативные зарядные устройства,

обычно не требуют такого же длительного срока службы, как фотоэлектрические и солнечные парки. Для достаточной надежности на мобильных устройствах фотоэлектрические панели должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать вибрации.

Резюмируя, противники возобновляемых источников энергии указывают на все эти и другие проблемы солнечной энергии в качестве причин для продолжения использования ископаемого топлива. Но глобальное потепление и другие условия окружающей среды диктуют, что мы должны прекратить использование ископаемого топлива как можно быстрее.

А теперь о возможных путях решения. В первую очередь необходимы научные исследования и непрерывное развитие. Продолжение научных исследований и развитие в области солнечной энергии необходимо для поиска новых решений и улучшения существующих технологий. Сюда входят исследования в области новых материалов для солнечных панелей, прогрессивных концепций солнечных установок, моделирования и прогнозирования солнечной радиации, а также изучение взаимодействия солнечной энергии с другими источниками и системами.

Ученым необходимо разработать более эффективные полупроводники, которые более эффективны при производстве электроэнергии. Удвоение эффективности панелей уменьшит размер массива, что, в свою очередь, позволит использовать меньше пространства.

Инженерам необходимо разработать более эффективные методы производства. Массовое производство панелей на эффективных заводах поможет снизить себестоимость продукции и сделать их доступнее для потребителей.

Для вывода чистой энергии на рынок необходимы новые технологии передачи. Системы накопления энергии также помогут сгладить производственные несовершенства, вызванные климатическими и атмосферными факторами.

Ну и, конечно же, необходима поддержка и регулирование. Политическая

поддержка, финансирование и разработка регулирующих мер помогут стимулировать развитие и использование солнечной энергии. Внедрение механизмов финансовой поддержки, налоговых льгот, тарифных программ и стимулов для солнечной энергетики способствует ее росту и развитию.

## Заключение

В заключении настоящего исследования, посвященного обозрению солнечной энергии и ее различным вариациям использования, можно отметить следующие ключевые аспекты.

### Выводы

1. Годовое количество солнечного сияния в Краснодарском крае в среднем составляет 2187 часов (примерно четверть годового времени). Оно может меняться в зависимости от местоположения, составляя, например, в Красной Поляне 1777 часов, а в Ейске – уже 2448 часов. Длительность солнечного сияния, помимо других климатических факторов, зависит от широты, в которой расположен край
2. На Северном Кавказе, прилегающие к Черному и Каспийскому морям районы, находится наибольший потенциал для использования солнечной энергии. В первую очередь это Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская и Астраханская области
3. С присоединением Крыма в 2014 году Россия получила 4 солнечные электростанции общей мощностью 185,5 МВт, построенные в период с 2010 по 2012 года, а на следующий год здесь была запущена в эксплуатацию СЭС «Николаевка» мощностью 69,7 МВт.
4. В настоящее время разработаны множество технологий эксплуатации солнечной энергии:

4.1 Использование солнечного дымохода, способствующий естественной вентиляции и пассивному охлаждению зданий, приводящий к снижению энергопотребления и выбросов  $\text{CO}_2$ .

4.2 Батарейные электромобили использующие солнечную энергию для подзарядки путем подключения к внешним солнечным батареям.

4.3 В республике Адыгея в декабре 2020 г размещенных на крыше АЗС на площади 350 м<sup>2</sup> 3-я в России АЗС, оснащенная солнечной электростанцией,

состоящая из 65 солнечных модулей российского производства, что эквивалентно использованию 7,5 тыс. м<sup>3</sup> природного газа.

4.4 Использование солнечных плит, которые аккумулируют энергию прямых солнечных лучей для нагрева, приготовления или пастеризации напитков и еды, относительно недорогие и низкотехнологичными устройствами.

4.5 Солнечные батареи для обогрева зданий и сооружений и воды для мытья и купания в оздоровительных комплексах.

## Список использованной литературы

1. Бутузов В. А. Солнечное теплоснабжение. Опыт столетнего развития // Промышленная энергетика. 2020. № 4 С. 52–63.
2. Бутузов В. А. Фотоэнергетика в России // СОК. 2020. № 7. С. 46–54.
3. Бутузов В. А., Бутузов В. В. Использование солнечной энергии для производства тепловой энергии. М.: Интеэнерго-Издат, 2015.
4. Велькин В. И. Возобновляемая энергетика и энергосбережение : учеб. / В. И. Велькин, Я. М. Щелоков, С. Е. Щеклеин ; под общ. ред. проф., д-ра техн. наук В. И. Велькина. – 2-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2022. – 312 с.
5. Всемирная организация здравоохранения. Загрязнение воздуха в домашних хозяйствах и здоровье. Официальный сайт: <https://www.who.int/ru>
6. Гелиокомплекс «Солнце» // Архитектура СССР : журнал. – М., 1988. – Март (№ 2). – С. 37–43. – ISSN 0004-1939
7. Дегтярев К. С. Экономика возобновляемой энергетики в мире и в России // СОК. 2017. № 9. С. 80–87.
8. Елистратов В. В. Возобновляемая энергетика. 3-е издание. СПб.: Изд. Политех. Университета, 2016.
9. Закон Краснодарского края от 07.06.2004 № 723-КЗ «Об использовании возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае», Принят Законодательным Собранием Краснодарского края 25 мая 2004 года
10. Краткий справочник по определению климатических характеристик гелиоэнергетических ресурсов на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 31 с.
11. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. «Естественное воздействие на климатическую систему». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipcc.ch> (дата обращения 14.03.2023)
12. Николаев А. А. Косвенные методы расчета характеристик солнечной радиации / А. А. Николаев. – Текст: электронный // Вестник



Удмуртского университета. Серия 6: Биология. Науки о Земле. – 2013. – №1. – С. 130-135

13. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Т. 2. Последствия изменений климата. - М.: Росгидромет, 2008. - 288 с.

14. Пархоменко Ю. Н. Физика и технология приборов фотоники: солнечная энергетика и нанотехнологии : учебное пособие / Ю. Н. Пархоменко, А. А. Полисан. – Москва : Изд. Дом МИСиС, 2013. – 142 с.

15. Постановление Законодательного Собрания Краснодарского края от 22.12.2010 N 2321-П «О мерах по внедрению на территории Краснодарского края солнечных коллекторов для нагрева воды» / ГАРАНТ [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/36902253/> (дата обращения 27.03.2023)

16. Павлов, Н.К. Климатические условия и ресурсы Краснодарского края / Ю.П. Переведенцев.- Краснодар: Куб. ун-т, 2009. - 212 с.

17. Полищук В. И. Общая энергетика: учеб.пособие / В.И. Полищук. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 208 с.

18. Полякова Л. С., Кашарин Д. В. Метеорология и климатология: учеб. пособие. – Новочеркасск: НГМА, 2004. – 107 с.

19. Попель О. С., Тарасенко А. Б. Современные тенденции развития фотоэлектрической энергетики (обзор) // Теплоэнергетика. 2021. № 10. С. 1–21.

20. Портал открытой энергетической информации, данных и ресурсов. «Оценка ресурсов солнечной и ветровой энергии (SWERA). [https://openei.org/wiki/Solar\\_and\\_Wind\\_Energy\\_Resource\\_Assessment\\_\(SWERA\)](https://openei.org/wiki/Solar_and_Wind_Energy_Resource_Assessment_(SWERA))

21. Распоряжение от 08.04.2005 г № 275-Р О разработке краевой Программы «Энергосбережение в Краснодарском крае на 2006 — 2010 годы»

22. Сергин С. Я., Яйли Е. А., Цай С. Н., Потехина И. А. Климат и природопользование Краснодарского Причерноморья. – СПб.: РГГМУ 2001. – 188 с.

23. Солнечная энергетика России: перспективы и проблемы развития. Государственная информационная система в области энергосбережения и

повышения энергетической эффективности.

24. Субачев Д.С. Перспективы развития возобновляемых источников энергии в Краснодарском крае [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32610905> (дата обращения 27.03.2023)

25. Циолковский К. Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами / К. Циолковский. – Переизд. работ 1903 и 1911 г. с некоторыми изм. и доп. – Калуга : [1-я Гостипография ГСНХ], 1926. – 127 с.

Приложение 1

Патентный чертеж солнечного коллектора Шумана 1917 года

F. SHUMAN & C. V. BOYS.  
SUN BOILER.  
APPLICATION FILED SEPT. 20, 1917.  
1,240,890. Patented Sept. 25, 1917.  
4 SHEETS—SHEET 1.

Fig. 1.

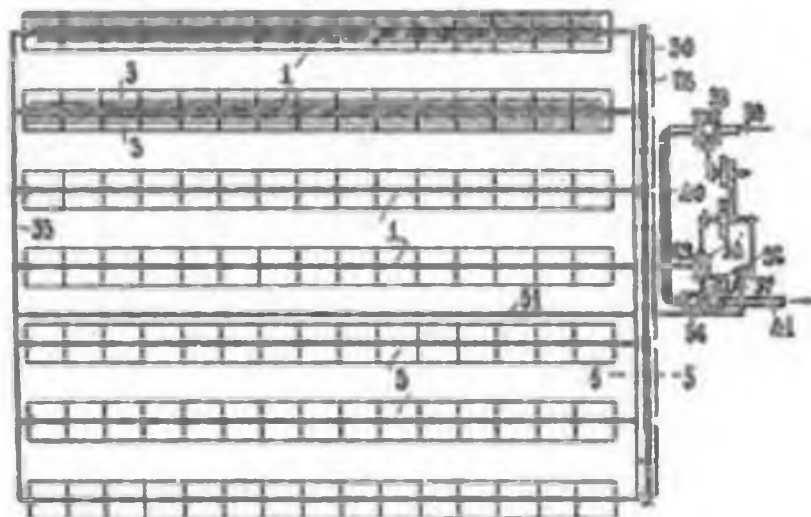


Fig. 2.



Fig. 3.

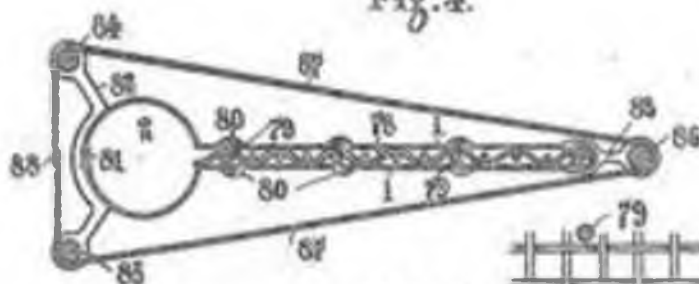
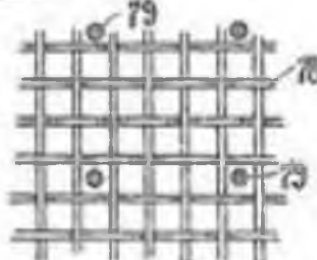


Fig. 4.



Witnesses  
Elsie Fullerton  
Hamilton D. Turner

Inventors  
Frank Shuman  
Charles Vernon Boys  
by Harry D. Lunt  
Attorney

