Глава 3. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Для условий Узбекистана актуальными являются технологии возобновляемой энергетики, использующие солнечную энергию, энергию ветра и биомассы, а также малые гидроэлектростанции и геотермальные установки.

3.1. Использование солнечной энергии

Солнечная энергия может быть использована для производства как тепла, так и электроэнергии. В первом случае применяются плоские неконцентрирующие солнечные коллекторы, в которых теплоносителями могут быть вода, воздух или антифризы (вставки 3.1 и 3.2). Во втором случае энергия светового потока преобразуется напрямую в электрическую в фотоэлектрических преобразователях или косвенным путем - на солнечных электростанциях за счет нагрева теплоносителя в традиционных схемах тепловых электростанций.

Вставка 3.1

ОСТРОВНОЕ ГОСУДАРСТВО МАВРИКИЙ

Обессоливание воды для прибрежных поселков с помощью солнечной энергии

Одна лишь голубая вода насколько хватает глаз – между островом Родригес и Маврикием, находящимся от него на расстоянии 320 миль. Сельская община этого острова, состоящая из 21 семьи, испытывает острую нехватку в питьевой воде, собирая редкую дождевую воду в специальные резервуары. Когда запас воды в них заканчивается, женщинам приходится тратить от 3 до 5 часов в день, чтобы принести воду от естественного источника, которая не всегда отвечает санитарным нормам.

Использование естественных ресурсов – солнечной энергии и морской воды, имеющихся здесь в большом количестве, может стать решением проблемы обеспечения островитян питьевой водой. В удаленной общине были смонтированы установки по обессоливанию воды, технология которых была разработана специалистом по возобновляемой энергетике Университета Маврикия. Таким образом, 21 семья смогла использовать энергию солнечных лучей для преобразования морской воды в питьевую.

Установка состоит из резервуара размером 1x2 м с покрытием из стекловолокна. Морская вода заливается внутрь резервуара, а солнце обеспечивает процесс испарения. Пары конденсируются на внутренней поверхности прозрачного покрытия, установленного под определенным углом, что позволяет водяному конденсату вытекать из резервуара в другой накопитель для питьевой воды. Выход питьевой воды составляет приблизительно половину от исходного объема морской воды, т.е. из каждых 10 л морской воды можно получить 3-7 л питьевой воды в день. Перед употреблением в эту питьевую воду необходимо внести минеральные добавки. Вкладом семей в данный проект, поддерживаемый Программой малых грантов ГЭФ/ПРООН, стало строительство водоводов для более легкого доступа к морской воде.

Данная технология является эффективной и низкозатратной, а оборудование может производиться на базе местных мастерских и небольших компаний. Так, после изготовления специалистом университета опытного образца дистиллятора остальные 20 были смонтированы под его руководством небольшой местной компанией, специализирующейся на производстве лодок.

Источник: Программа малых грантов ГЭФ/ПРООН

Вставка 3.2

ПАЛЕСТИНСКАЯ АВТОНОМИЯ

Использование солнечной энергии для сушки сельскохозяйственных культур и лекарственных трав

Палестинская автономия является одним из самых плотно заселенных регионов на Среднем Востоке. Приблизительно 15% Западного берега и сектора Газа не подключены к системе электроснабжения. За счет энергии солнца и других возобновляемых источников энергии в принципе можно обеспечить население этого региона электрической и тепловой энергией, а также связать возобновляемую энергетику с деятельностью по увеличению доходов местного населения.

Женщины этих общин традиционно занимаются сушкой лекарственных трав на солнце, но это занимает много времени и снижает качество продукта – исчезает окраска и свежесть трав. Использование солнечных сушилок позволит добиться лучшего качества продукта в более короткие сроки.

В проект, финансируемый Программой малых грантов ГЭФ/ПРООН, было вовлечено 17 небольших женских кооперативов (65 человек), в которых были установлены солнечные сушилки для производства сухофруктов, сушеных лекарственных трав и другой продукции для продажи на местном рынке. Солнечные сушилки разместили на задних дворах домов. Женщины, входящие в небольшие кооперативы (3-5 членов), объединяли объемы произведенных сельскохозяйственных культур и собранных лекарственных трав, сушили их в солнечных сушилках, паковали и продавали, а затем делили полученную прибыль.

Солнечная сушилка состоит из солнечных панелей, установленных снаружи, и подносов для фруктов и трав, размещенных внутри. Подносы заполняются свежими продуктами, затем оставляются для сушки, которая занимает всего лишь несколько дней.

Поскольку использование солнечных сушилок обеспечивает дополнительные доходы, имеется определенный потенциал для разработки системы займов, которые могут возвращаться в течение определенного периода, покрываясь из доходов от продажи сухофруктов и лекарственных трав. Большое значение также имеет вовлечение в эту сферу женщин и совершенствование их технических и коммерческих навыков.

Источник: Программа малых грантов ГЭФ/ПРООН

Солнечные водонагреватели

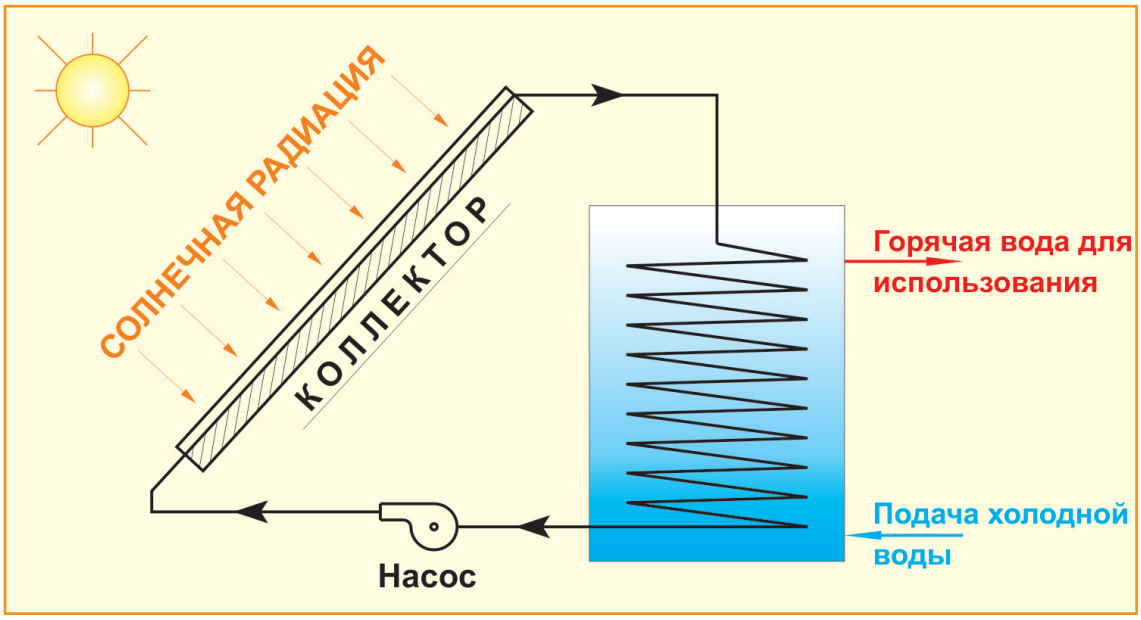
Солнечные водонагревательные установки используют энергию солнечного излучения для повышения температуры воды посредством солнечных коллекторов. Наибольшее распространение получили плоские солнечные коллекторы, которые состоят из воздухонепроницаемого корпуса с прозрачным покрытием, окрашенным в темный цвет, металлической абсорбирующей пластины, содержащей водопроводные трубки, и изоляции для снижения потерь тепла с задней и боковых стенок корпуса коллекторной пластины.

В районах, где возможны заморозки, применяются коллекторы, защищенные от замерзания (рис. 3.1). В большинстве случаев это достигается за счет использования закрытой циркуляционной системы, в которой теплопередающая жидкость с более низкой точкой замерзания, чем у воды, циркулирует через солнечный коллектор и с помощью теплообменника передает накопленное тепло воде, находящейся в накопительном резервуаре.

Существует два типа систем накопительных резервуаров, которые используются в солнечных водонагревателях: пассивная и активная (рис. 3.2). В пассивных системах резервуар располагается выше солнечных коллекторов, чтобы холодная теплопередающая жидкость сливалась в коллекторы через выпускной патрубок, проходящий от теплообменника, который находится на дне накопительного резервуара, к нижней части солнечного коллектора. Затем теплопередающая жидкость нагревается солнцем, поднимается через коллектор и возвращается в теплообменник через входной патрубок, находящийся в верхней части коллектора. Это создает непрерывный поток теплопередающей жидкости через коллектор без использования насоса для принудительной циркуляции.

Рис. 3.1

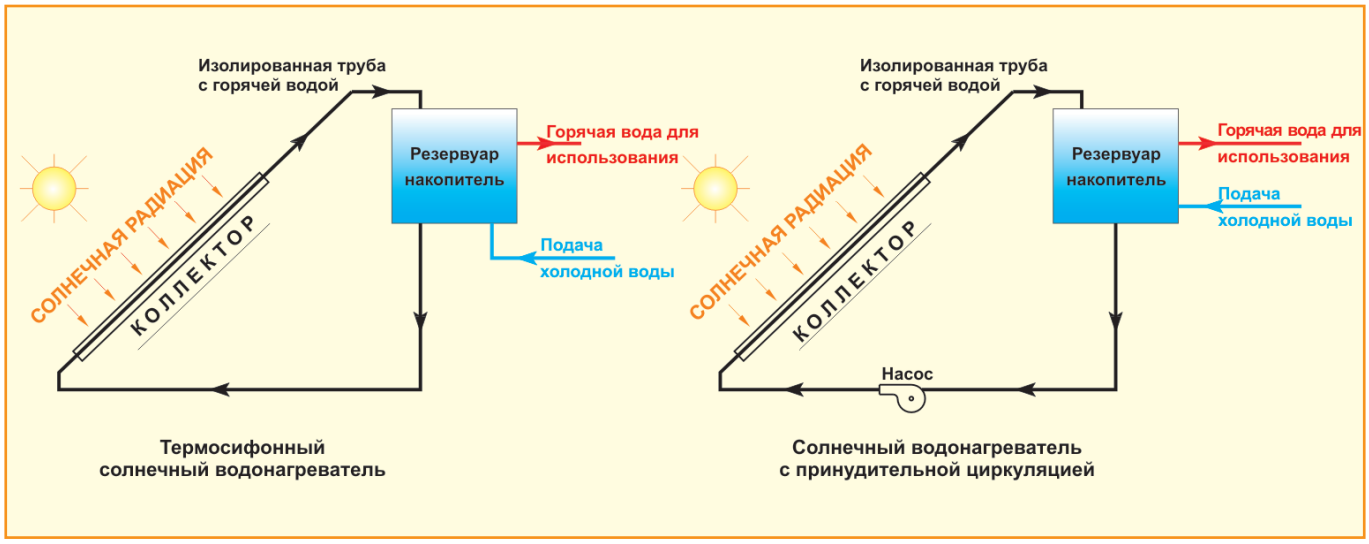
Защищенный от замерзания солнечный водонагреватель с теплообменником



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

Рис. 3.2

Упрощенные схемы пассивной и активной солнечных водонагревательных систем



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

Пассивные системы бывают двух типов: закрыто-сдвоенная и с подачей самотеком. В закрыто-сдвоенных системах горизонтальный накопительный резервуар монтируется непосредственно над коллектором на крыше. Эта система является наиболее экономичной по затратам на монтаж, но ее производительность снижается в прохладное и холодное время года из-за потерь тепла в накопительном резервуаре. Чтобы снизить тепловые потери, можно использовать дополнительную изоляцию накопительного резервуара или расположить его внутри чердачного помещения.

В системе подачи самотеком накопительный резервуар устанавливается в полости крыши. Такие системы являются самыми дешевыми, но водопроводная система в доме должна отвечать требованиям подачи жидкости самотеком, включая необходимость большого диаметра

труб между водонагревателем и кранами.

В активных системах солнечный коллектор располагается на крыше, а накопительный резервуар может находиться на земле или в любом другом удобном месте. Вода или теплопередающая жидкость прокачивается через коллектор небольшим электрическим насосом, обеспечивая принудительную циркуляцию. Активные системы обычно более дорогие и требуют более серьезного технического обслуживания, чем пассивные. Однако активные системы эффективны в тех случаях, когда накопительный резервуар нельзя установить на крыше, например, из-за его веса.

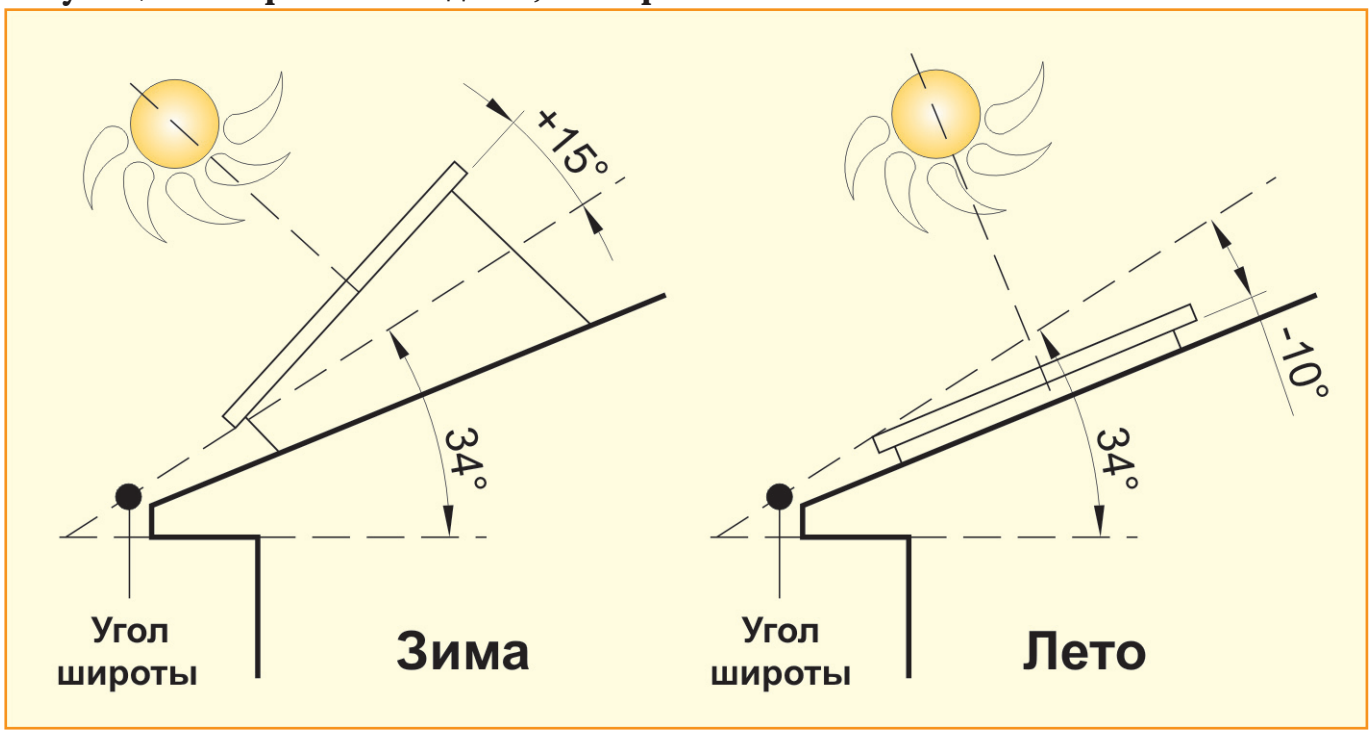
Накопительные резервуары выполняются из нержавеющей или мягкой стали, покрытой стекловидной эмалью. В холодном климате, находясь снаружи здания, они могут выйти из строя при заморозках, а также иметь большие потери тепла. В этих условиях накопительные резервуары рекомендуется устанавливать внутри помещений.

Солнечные водонагреватели могут оснащаться бустерами (резервными источниками), которые догревают воду, когда солнечная радиация недостаточна, чтобы обеспечить нужное количество тепла для нагрева воды. С помощью бустеров, работающих на природном газе (газовых котлов), нагревают воду либо в накопительном резервуаре, либо в отдельных вспомогательных устройствах. Можно использовать и электрические бустеры (тепловые электрические нагреватели – ТЭНы), которые состоят из электрического элемента, расположенного внутри накопительного резервуара. Важно сконструировать бустер так, чтобы солнечная составляющая в нагреве воды была максимальной.

Панели солнечного водонагревателя должны располагаться в соответствии с траекторией движения солнца, чтобы обеспечить полное использование солнечной энергии. Обычно высокая эффективность работы достигается тогда, когда коллекторы установлены под углом к горизонту, поскольку в этом случае обеспечивается максимальное падение солнечных лучей на поверхность солнечных коллекторов (рис. 3.3). Ориентация солнечных коллекторов определяется в зависимости от места их установки и должна быть предварительно рассчитана. Как правило, максимальная производительность достигается тогда, когда солнечный коллектор устанавливается под углом к горизонту в четком соответствии с широтой местности.

Рисунок 3.3

Расположение солнечных панелей для нагрева воды под углом, соответствующим широте г. Сидней, Австралия



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

Стоимость солнечного водонагревателя сильно варьируется в зависимости от компании-производителя и мощности установки (табл. 3.1, [23]).

Установка активной солнечной водонагревательной системы с принудительной циркуляцией (электрическим насосом) обычно требует дополнительных затрат в 500 долл. США [24].

Таблица 3.1

Ориентировочные стоимостные показатели солнечных водонагревательных установок (2004 г.)

Производительность (л)	Площадь коллектора ($м^2$)	Стоимость (долл. США)
100	1,5	1000
200	3,0	1350
300	4,5	1900
450	6,0	2400

Солнечные фотоэлектрические системы

Фотоэлектрические ячейки преобразуют энергию светового излучения в электрическую энергию (вставка 3.3) и могут быть разделены на три поколения технологического развития:

- первое поколение фотоэлектрических ячеек основано на использовании моно- или поликристаллического кремния. Этот тип фотоэлектрических ячеек составляет до 80% всех установленных по всему миру систем. Он получил наибольшее распространение и использование и может рассматриваться как передовая технология. В ближайшем будущем именно такие фотоэлектрические ячейки будут доминировать на рынке фотоэлектрических установок. Обычно коэффициент полезного действия этих ячеек составляет 11-16%;

- фотоэлектрическая ячейка второго поколения представляет собой тонкую пленку, сделанную из аморфного кремния, кадмия-теллурида или меди-индия-селенида. Такие ячейки имеют коэффициент полезного действия около 8%, но они дешевле в изготовлении по сравнению с первым поколением фотоэлектрических ячеек;

- фотоэлектрические ячейки третьего поколения могут устанавливаться одна над другой, чтобы повысить коэффициент полезного действия, который таким образом достигает почти 30-60%. Обычно эти ячейки, каждая из которых имеет коэффициент полезного действия около 7%, бывают фотоэлектрохимическими, органическими или пластиковыми. Третье поколение фотоэлектрических ячеек находится в стадии развития и пока не является полностью сложившейся технологией. Предполагается, что в будущем их применение обеспечит более низкие производственные затраты благодаря простоте таких ячеек и использованию при их изготовлении дешевых материалов.

Фотоэлектрические системы (ФЭС) могут работать автономно или подключаются к сетям энергосистемы. Фотоэлектрическую систему, которую подключают к электрической сети, конструируют из большого количества ячеек, что увеличивает мощность установки и снижает ее стоимость. Кроме фотоэлектрических ячеек, она должна иметь инвертор, механическое и электротехническое оборудование.

Фотоэлектрическая система генерирует постоянный электрический ток, который может быть преобразован в переменный с помощью инвертора.

Объем выработки электроэнергии зависит от следующих факторов:

- интенсивности солнечной радиации;
- установленной мощности Wp (пиковая мощность при максимальной солнечной активности);
- ориентации фотоэлектрической панели;

Вставка 3.3

УГАНДА

Демонстрационный проект по использованию ветровой и солнечной энергии на озере Виктория

Что делать, если ваш единственный источник энергии является в то же время и самой большой угрозой для вашего здоровья и места жительства? Такая ситуация сложилась для огромного количества сельских общин по всему миру. В Уганде, в районе западного берега озера Виктория сосредоточено 84 маленьких острова, 70 из которых необитаемы, а на остальных основным источником дохода местного населения является рыболовство. Потребности в энергии обеспечиваются здесь посредством использования одноразовых сухих галетных батарей, керосина, парафина и древесного топлива. Многие батареи используются неправильно, загрязняя воду и почву. Применение керосина, парафина и дров также загрязняет окружающую среду и наносит вред здоровью людей.

Проект Программы малых грантов ГЭФ/ПРООН направлен на использование энергии ветра и солнца для перезарядки аккумуляторов многоразового действия, что уменьшает загрязнение и опасность, связанные с применением одноразовых батарей. Для этих целей на острове Мусони и была построена гибридная солнечно-ветровая установка, состоящая из трех ветрогенераторов по 400 кВт каждый и шести фотоэлектрических панелей. На островке Буфумира в офисе партнерской ассоциации развития этого острова электроснабжение было обеспечено установкой семи фотоэлектрических систем, инвертора, трех регуляторов мощности и двух аккумуляторов, заряжающихся от солнечной энергии. Кроме того, офис был оснащен семью энергоэффективными лампочками. Местная начальная школа также была обеспечена солнечным аккумулятором и энергоэффективными лампочками. Средняя школа на острове Букаса получила освещение, а местная община – службу по перезарядке аккумуляторов. Здесь были установлены восемь фотоэлектрических станций, три регулятора мощности, один инвертор и десять энергоэффективных лампочек.

Ассоциация по развитию этих островов организовала комитет местной общины, чтобы обеспечивать эксплуатацию гибридной солнечно-ветровой станции, основной задачей которой является перезарядка аккумуляторов многоразового действия для энергоснабжения бытовых потребителей и рыбаков, работающих в ночное время. Применение солнечных аккумуляторов многоразового использования вместо одноразовых сухих батарей исключает появление свалки использованных батарей, загрязнение воды и почвы.

Более того, члены сообщества смогли создать систему оплаты перезарядки аккумуляторов. Стоимость зарядки составляет приблизительно 1 долл. США, и клиентам выдается чек на каждую оплату оказанной услуги. Ассоциация развития островов организовала небольшой кредитный фонд, чтобы помочь людям покупать фотоэлектрические системы и аккумуляторы. Собранные средства распределяются следующим образом: 30% средств выделяются на оплату работы технического персонала станции, 50% - банку и 20% - на эксплуатационные расходы.

Источник: Программа малых грантов ГЭФ/ПРООН

- температуры панели, что незначительно, но все же влияет на электрическую мощность фотоэлектрических ячеек.

Фотоэлектрические системы, подключенные к энергосистеме, собираются в модули из 30–80 ячеек со стандартным напряжением на модуль 15–30 В постоянного тока. Более высокое напряжение может быть получено путем последовательного подключения большего количества модулей. Наиболее широко распространены фотоэлектрические ячейки мощностью 5–150 Wp, но существуют и ячейки мощностью до 300 Wp.

Производительность фотоэлектрической системы подвержена суточным колебаниям. Поэтому ее можно использовать для покрытия пиков нагрузки электрической сети при соответствии их режимов.

Преимущества использования солнечных фотоэлектрических систем:

- незначительные эксплуатационные расходы;
- отсутствие вредных выбросов;
- длительный срок службы фотоэлектрических модулей (30 лет и более);
- простота в установке и эксплуатации;

- более высокое качество электроэнергии при локальном электроснабжении.

Недостатки использования солнечных фотоэлектрических систем:

- высокие первоначальные капиталовложения;
- зависимость от солнечной радиации;
- большие значения полезной площади на единицу мощности.

В последние годы мировой рынок солнечных фотоэлектрических ячеек увеличивался приблизительно на 30% в год, а средняя цена ежегодно снижалась на 4%.

В настоящее время стоимость солнечных фотоэлектрических ячеек составляет 4,5 долл. США/Вт, а общая стоимость установки солнечной фотоэлектрической системы с инвертором, включая затраты на строительно-монтажные работы, - приблизительно 5,7 долл. США/Вт. Ожидается, что она будет достаточно быстро снижаться до уровня 2,5-3 долл. США/Вт в период 2010-2015 гг. и до 1,3-2,1 долл. США/Вт в период 2020-2030 гг.

Технический срок службы солнечной фотоэлектрической системы достигает 25-30 лет с условием замены инверторов каждые 10 лет.

Фотоэлектрические системы или отдельные фотоэлектрические ячейки могут использоваться для работы вне электрической сети как автономные источники электроэнергии для отдельных бытовых потребителей или объектов социального назначения, например, для больницы. Использование автономных фотоэлектрических систем ограничено районами с хорошей солнечной радиацией и небольшой потребностью в электроэнергии при постоянных нагрузках. Обычно нецелесообразно использовать отдельные фотоэлектрические ячейки при энергопотреблении выше 5 кВтч в день [24]. Фотоэлектрические ячейки удобны в обеспечении бытовых потребителей освещением и электропитанием для радио- и телевизионных приборов или, к примеру, больниц, оснащенных небольшими холодильными установками.

При автономном использовании фотоэлектрических ячеек необходимо также иметь резервный источник питания - аккумуляторные батареи, дизель-генератор, а по возможности - эффективно совмещать их с другими технологиями возобновляемой энергетики, такими, как микрогидроэлектростанции или ветрогенераторы (гибридные установки нетрадиционных видов возобновляемой энергии).

Затраты на установку отдельных фотоэлектрических ячеек варьируются в пределах от 0,4 до 3,5 долл. США/кВтч, в зависимости от места установки и компании-производителя [24].

Солнечные электростанции

Концентрирующие солнечные энергетические установки с помощью различных конфигураций зеркал преобразуют солнечное излучение в тепло энергоносителя высокой температуры. Энергоноситель подается в обычную паровую турбину, и его тепло преобразуется турбогенератором в электрическую энергию. Эти технологии обеспечивают долгосрочную возможность использования солнечной энергии с помощью энергетических установок средней мощности, которые обычно состоят из двух частей: первая собирает солнечную энергию и преобразует ее в тепловую, а вторая преобразует тепловую энергию в электрическую.

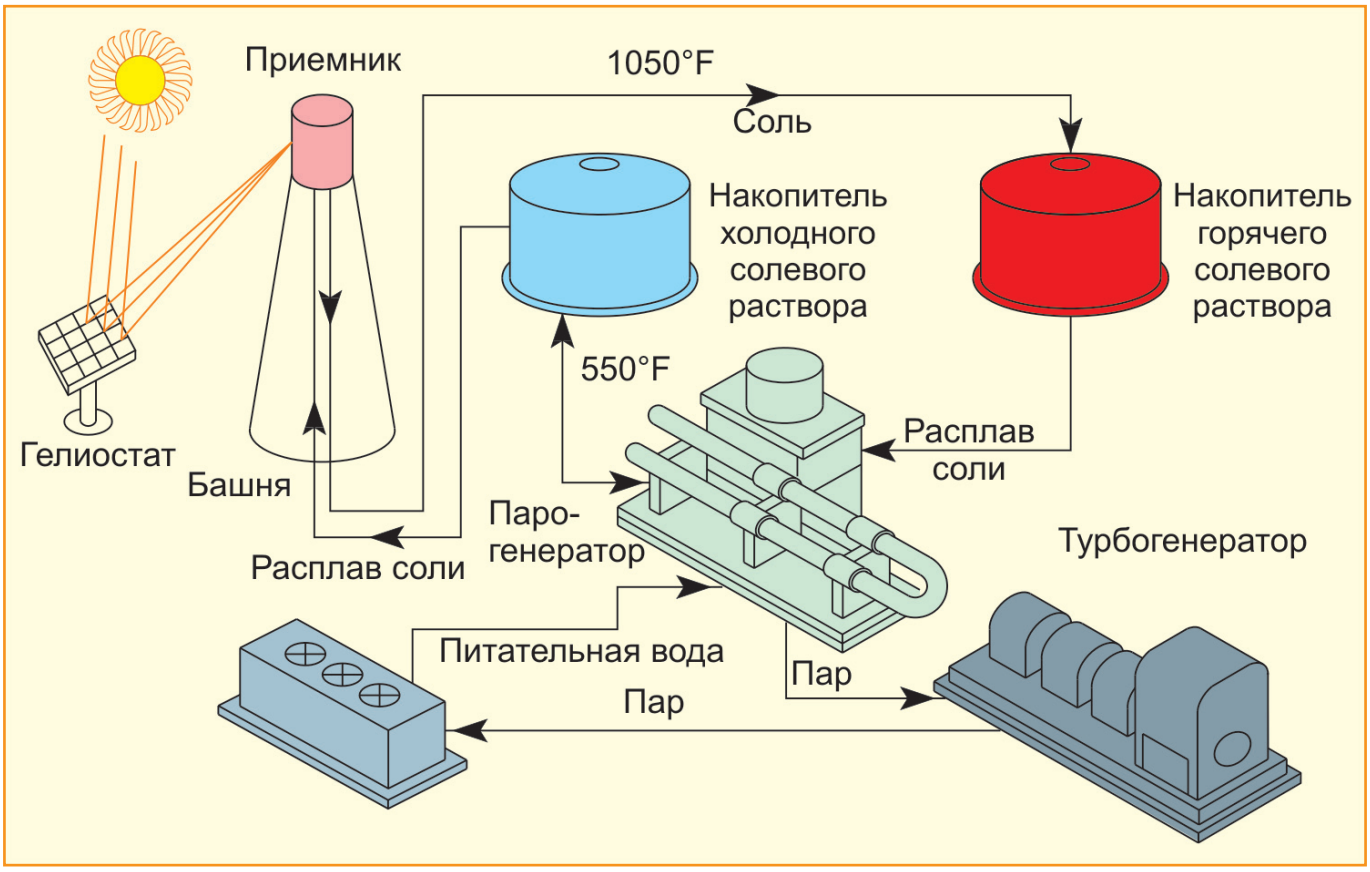
Существует два типа крупномасштабных систем, концентрирующих солнечную энергию: энергетические башни и установки, сконструированные на базе параболоцилиндрических концентраторов.

Система энергетической башни концентрирует энергию солнца в приемник, расположенный на вершине башни (рис. 3.4).

С этой целью используются сотни и даже тысячи гелиостатов. Энергия солнца нагревает расплав соли, протекающий через приемник, и затем энергия соли используется для производства электрической энергии в обычном паровом генераторе. Расплав соли эффективно аккумулирует тепло, поэтому оно может сохраняться в течение многих часов и даже дней до его использования в целях выработки электроэнер-

Рисунок 3.4

Солнечная электроэнергетическая башня



гии. Из парового генератора расплав соли возвращается в «холодный» резервуар. Далее он прокачивается из «холодного» накопительного резервуара при температуре около 270^{0}С через приемник, где нагревается до 550^{0}С, и затем этот расплав перемещается в «горячий» резервуар для хранения.

Когда требуется электрическая энергия, горячий расплав соли прокачивается в систему, генерирующую перегретый пар, чтобы привести в действие паровую турбину. Из парового генератора расплав соли возвращается в «холодный» резервуар.

В параболоцилиндрических системах энергия солнца концентрируется с помощью искривленных в виде параболы рефлекторов в приемник в виде трубопровода, огибающего внутренность искривленной поверхности. Солнечная энергия нагревает масло, протекающее через трубопровод, а затем тепловая энергия используется для выработки электрической энергии в обычном паровом генераторе. Параболоцилиндрические системы собираются в параллельные ряды, ориентированные по северо-южной оси. Это позволяет им следовать за солнцем с востока на запад, чтобы обеспечить постоянную фокусировку солнца на трубы приемника. В настоящее время параболоцилиндрические системы могут достигать мощности в 80 МВт. Конструкция такой системы может включать и тепловой накопитель, позволяющий обеспечить генерацию электрической энергии в течение нескольких часов и после наступления сумерек.

Опыт эксплуатации экспериментальных установок с концентраторами солнечной энергии показывает, что текущие стоимости произведенной электроэнергии находятся в пределах 0,1-0,13 долл. США на кВтч [24]. Передовые технологии и использование низкозатратных тепловых накопителей в будущем позволят установкам, концентрирующим солнечную энергию, дольше работать в течение дня и продолжать выработку электроэнергии и в вечерние часы. Прогнозируется, что это снизит стоимость технологий с концентрацией солнечной энергии приблизительно до 0,04-0,05 долл. США/кВтч [24].

3.2. Ветрогенераторы

Энергия ветра может быть использована для производства механической или электрической энергии, величина которой полностью зависит от скорости ветра. Стандартная турбина ветрогенератора состоит из трехлопастного ротора пропеллерного типа, размещенного на стальной трубчатой опоре (рис. 3.5). Поворотный механизм поддерживает ротор в том направлении, откуда дует ветер. Ротор приводит в движение редуктор и асинхронный генератор. Небольшие ветрогенераторы работают при скоростях ветра выше 3-4 м/с и достигают максимальной номинальной мощности при ветре в 8-25 м/с, в зависимости от типа турбины и ветрового кадастра. Обычно максимальная рабочая скорость составляет 25-30 м/с.

Ветрогенераторы могут управляться и контролироваться на расстоянии, устанавливаться отдельно, небольшой группой или объединяться в крупные ветряные фермы с большим количеством установок (вставка 3.4). Такие фермы могут использоваться в регулировании нагрузки электрической сети для верхнего уровня энергосистемы.

Преимущества использования ветрогенераторов:

- стоимость выработанной электроэнергии не зависит от колебаний цен на топливо;
- низкие эксплуатационные расходы;
- отсутствие вредных выбросов.

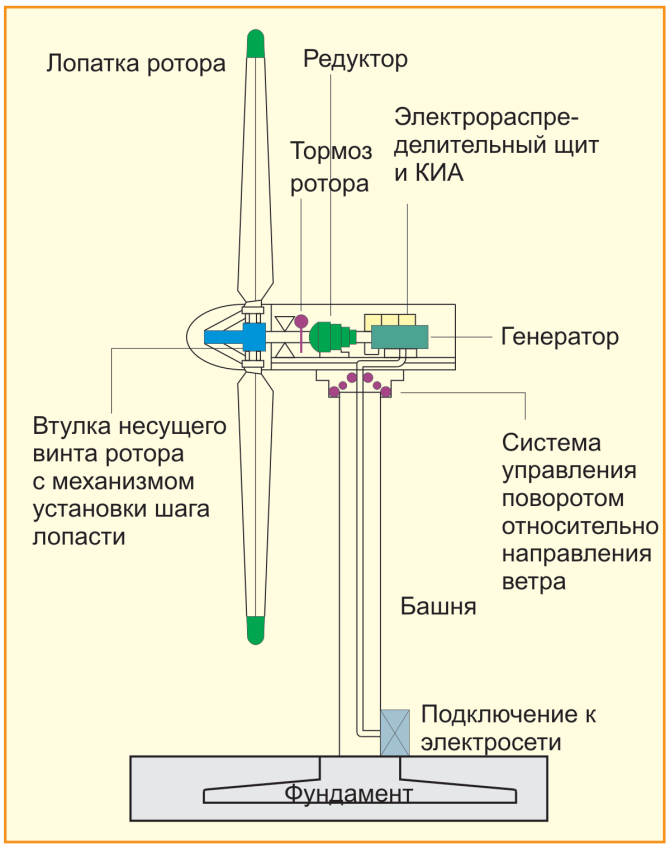
Недостатки использования ветрогенераторов:

- необходимость резервного источника питания при автономной работе, т.к. генерация зависит от характеристик ветра;
- высокие начальные капиталовложения;
- наличие шумовых и визуальных аспектов воздействия.

На рынке ветрогенераторов преобладают турбины мощностью от 0,5 до 3 МВт. Ожидается, что к 2020 г. средняя мощность ветрогенераторов

Рис. 3.5

Конструкция типового ветрогенератора



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

увеличится до 5 МВт. В настоящее время срок службы ветрогенераторов составляет 30 лет. Стоимость ветрогенераторов - приблизительно 0,93-1 долл. США/Вт установленной мощности. Ожидается, что эта цена будет снижаться до 0,8 долл. США/Вт к 2010 г. и до 0,65 долл. США/Вт в период 2020-2030 гг.

Малые ветрогенераторы могут использоваться в отдаленных от систем электроснабжения районах (вставка 3.5), чтобы обеспечить автономную выработку электроэнергии для бытовых потребителей и сельских районов. Имеются надежные ветрогенераторы мощностью 100 Вт и выше. Для работы небольших ветрогенераторов требуются средние скорости ветра более 4-5 м/с. Малые ветрогенераторы должны иметь хорошо сконструированные башни, системы контроля и, как правило, источник резервного

Вставка 3.4

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ

Железнодорожная станция Корроур: аккумулятор мощностью 2,5 кВт, заряжающийся от ветрогенератора

Железнодорожная станция Корроур представляет собой станцию без обслуживающего персонала в одном из самых отдаленных районов Великобритании. Полное отсутствие электроснабжения и, как результат, отсутствие освещения создает трудности для пассажиров при посадке и высадке из поездов в утренние и вечерние часы.

В начале 1993 г. шотландская железнодорожная компания инвестировала средства в небольшой ветрогенератор мощностью 2,5 кВт, чтобы обеспечить зарядку аккумуляторов. В эту установку был вмонтирован датчик, чтобы измерять уровень освещенности, и таймер, запрограммированный на расписание поездов. В сумерки этот датчик определяет необходимую освещенность, а таймер обеспечивает включение света за полчаса до прибытия поезда и выключение через полчаса после его отхода.

Ассоциация владельцев жилья Бервикшира: три ветронегератора мощностью по 1,5 кВт каждый, установленные на крышах домов

Ассоциация владельцев жилья Бервикшира (Шотландия) установила ветряки местного производства на двух домах в Витсоме и на одном из домов в Айтоне.

Эта ассоциация пришла к выводу, что жилье привлекательно не только своей арендной ценой, но и стоимостью услуг теплоснабжения и эксплуатационными расходами. Посредством установки маломощных ветрогенераторов на домах своих жильцов ассоциация планирует добиться снижения их расходов на топливо и сократить зависимость от источников энергии, использующих органическое топливо.

Технический директор этой ассоциации Алистер Браун сказал: «Одним из аспектов нашего подхода к решению проблемы нехватки органического топлива является использование систем, работающих при использовании возобновляемых источников энергии. Эти инновационные технологии обеспечивают возможность сбережения энергии при более приемлемых расходах жильцов».

Ассоциация надеется, что эти установки будут работать надежно и планирует установить еще семь ветрогенераторов на домах, являющихся ее собственностью.

Начальная школа в Ледигроув: ветрогенератор мощностью 2,5 кВт

Начальная школа в Ледигроув является одной из многих школ, установивших собственные ветрогенераторы малой мощности. Установка вырабатывает электроэнергию непосредственно для нужд школы, а ее избыток направляется в национальную электросеть и используется на местные нужды.

Школа также внедрила экспериментальную систему мониторинга преобразования энергии ветра в генерируемую электроэнергию, которая создана на базе адаптированного к детскому восприятию веб-браузера.

Школа получила финансовые средства в размере 12000 фунтов стерлингов от Энергетического агентства и государственного экологического фонда. Ветрогенератор вырабатывает энергию, которая обеспечивает энергосбережение данной школы в стоимостном размере 400 фунтов стерлингов в год и сокращает выбросы CO_2 от использования органического топлива на 3,5 тонн в год, что эквивалентно ежегодной высадке 17,5 деревьев.

«Ветрогенератор является видимой заявкой нашего стремления к устойчивому развитию, - сказал завуч школы Пол Сандерсон. - Этот проект обладает еще и бесценным образовательным потенциалом и будет хорошим побудительным мотивом для дальнейших действий учеников, родителей и местного сообщества в деле защиты окружающей среды».

Источник: BWEA (Британская Ассоциация ветровой энергии)

питания в виде аккумуляторных батарей. Но можно использовать и гибридные системы, если имеются подходящие источники энергии. Такими источниками могут быть дизельные генераторы, солнечные фотоэлектрические системы, микроГЭС или небольшие биогазовые реакторы. Обычно маломощные ветрогенераторы хорошо подходят для электроснабжения освещения, холодильников малой мощности, электропитания радиотелевизионных устройств, а также электронасосов.

Цена ветрогенераторов мощностью менее 1 кВА находится в пределах 0,6-2 долл. США/кВтч, а для генераторов мощностью более 1 кВА - в пределах 0,4-1,6 долл. США/кВтч [24].

Вставка 3.5

ЧИЛИ

Технологии ветроэнергетики для электрификации сельских районов снижают стоимость электрической энергии

Стоимость электроэнергии на острове Исла Так в Чили упала на 75-90% после ввода в эксплуатацию новой ветро-дизельной электрической установки. Ранее жители острова тратили почти 2500 песо за кВтч эквивалента электроэнергии, получаемой от небольших аккумуляторов, восковых свечей для освещения, небольших моторных генераторов и керосиновых ламп. Теперь они платят в пределах от 211-650 песо за 1 кВтч электрической энергии.

Источник: ПРООН

3.3. Использование биомассы

Биомасса представляет собой весьма широкий класс возобновляемых энергоресурсов - древесину, промышленные, сельскохозяйственные и бытовые отходы. В целях энергетического использования биомассу подвергают сжиганию, газификации и пиролизу, а также биохимической переработке с получением спиртов или биогаза. Каждый из этих процессов имеет свою область применения и назначения.

Биогазовые установки

Обычно сырьем для производства биогаза являются отходы животноводства (навоз) и органические отходы пищевой промышленности (вставка 3.6). В ходе анаэробной переработки биомассы в биогазовой установке (рис. 3.6) вырабатывается газ, который может быть использован бытовыми потребителями напрямую вместо природного или сжиженного нефтяного газа (LPG), либо может преобразовываться в тепловую и/или электрическую энергию.

Произведенный биогаз содержит 60-70% метана (CH_4), 30-40% диоксида углерода (CO_2) и менее 500 ppm (промилле) сероводорода (H_2S). При 65% содержания метана низшая теплотворная способность биогаза составляет 0,55 кг н.э./нм^3.

Биомасса, используемая в биогазовых установках, обычно готовится на 80-90% из навоза с добавкой 10-20% органических отходов от молочных ферм и скотобоен, которая значительно повышает производительность биогаза и экономическую жизнеспособность биогазовых установок. Выход биогаза в первую очередь зависит от качества поставляемых промышленных отходов, а для навоза - варьируется в зависимости от вида животных. Из одной тонны навоза крупного рогатого скота обычно производится около 25 м^3 биогаза, птицеводство дает около 190 м^3, промышленные отходы - приблизительно 130 м^3. Сбор навоза для производства биогаза требует стойлового содержания животных.

После извлечения биогаза перебродившая биомасса может быть разделена на жидкую и сухую фракции, продажа или собственное использование которых в качестве удобрения часто делает биогазовые установки экономи-

Вставка 3.6

РОССИЯ

Биогазовая установка для животноводческой фермы в Московской области

По данным Российской Академии наук, российский сектор животноводства производит почти 350 млн. т органических отходов в год. Этот объем может обеспечить производство 95 млрд. м^3 биогаза с энергетической составляющей до 66,5 млн. т.н.э., что равно почти двойному объему общей электроэнергии, вырабатываемой на российских атомных станциях.

В 1994-95 гг. группа энтузиастов, вложив собственные средства, построила на небольшой животноводческой ферме биогазовую установку BIOEN-1.

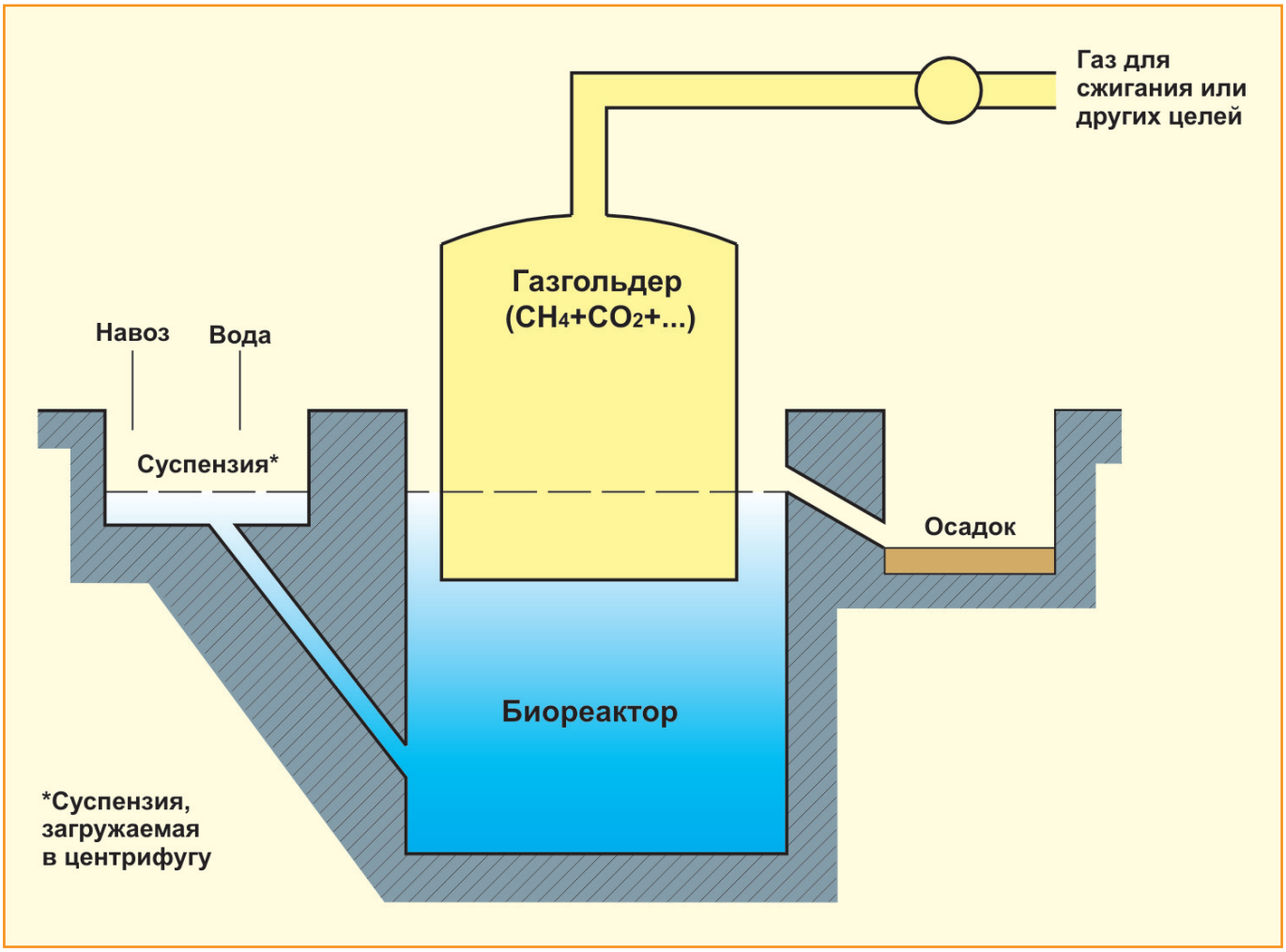
Установка состоит из 4 биореакторов и может производить энергию и удобрения, перерабатывая навоз от 20-25 голов крупного рогатого скота. Такой модуль перерабатывает 1 т биомассы в день, производя 40 м^3 биогаза, достаточного для производства 80 кВтч электроэнергии и почти 800 МДж тепловой энергии, а также 1 т удобрений. Этой энергии может хватить для снабжения 10 семей из 4-х человек каждая, проживающих в климатических условиях России.

Стоимость установки составила 10-12 тыс. долл. США, а срок окупаемости в данном случае составил только шесть месяцев, поскольку все произведенные удобрения были проданы. Если бы срок окупаемости основывался только на продаже метана, то он бы составил от 5 до 7 лет. Срок службы установки - около 10 лет.

Источник: Центр «ЭКОРОС»

Рис. 3.6

Упрощенная схема биогазового реактора



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

чески выгодными.

Общие капиталовложения, требуемые для создания биогазовой установки мощностью 300 т в день, составляют около 6,4 млн. долл. США. Ожидается, что в последующие 15 лет эта сумма снизится до 5,8-5 млн. долл. США. Такая установка обеспечивает расчетный выход в 30-40 нм^3/м^3 сырья. Это позволяет обеспечить генерирующую мощность установки в 1 МВт, стоимость которой составит приблизительно 240 тыс. долл. США [24].

Преимущества использования биогазовых установок:

- биогаз является нейтральным топливом в отношении CO_2, а его использование предотвращает выброс в атмосферу значительного количества метана, который образуется при ферментации органических отходов;
- удобрения, получаемые из перебродившей биомассы, имеют более высокую ценность, чем исходное сырье;
- биогазовое брожение твердой биомассы обеспечивает вторичную переработку питательных веществ на фермерских землях экологически безопасным и экономически выгодным способом.

Биогазовые установки чаще используются для сельскохозяйственных нужд, чем в целях энергоснабжения. Тем не менее, получаемый биогаз - это полезный дополнительный продукт.

В настоящее время развитие биогазовых установок по экономическим соображениям идет в направлении их укрупнения (например, в Дании). Но во многих странах имеется также потенциал для использования малых и микробиогазовых реакторов на отдельных фермах или в небольших сельских общинах.

В удаленных горных районах Непала и Кыргызстана были установлены небольшие биореакторы, которые производят приблизительно 6–8 м^3 биогаза в день и 100-120 л удобрений. Биореакторы заполняются навозом и бытовыми отходами. Кроме того, существуют установки (в Непале), в которые добавляются и отходы жизнедеятельности людей. Это позволяет увеличить эффективность работы установок, а также способствует улучшению санитарных условий.

При наличии микрогидроэлектростанций биореакторы могут быть подключены к ним как к источнику электроснабжения для обогрева биореакторов в холодные месяцы.

Биореакторы обычно производятся на местных предприятиях. Стоимость одного, например в Кыргызстане, составляет около 250 долл. США. Производство удобрений биогазовыми установками для бытовых потребителей, небольших хозяйств и ферм помогает повысить их финансовую жизнеспособность, поскольку рыночная цена удобрений в этих районах достаточно высокая. Такие биогазовые реакторы могут дополняться гидроэнергетическими (вставка 3.7), солнечными и микроветровыми установками небольшой мощности [24].

Газ из бытового мусора

Закапывание свалки твердых бытовых отходов приводит к гниению их органических составляющих в анаэробных условиях и образованию свалочных газов. Расчетный период образования свалочных газов варьируется в пределах 50-100 лет, однако наиболее активно они образуются в течение 10-15 лет. Использование биореактора (рис. 3.7) позволяет контролировать образование свалочных газов, а добавление воды и прочих веществ к массе твердых отходов повышает выход этих газов.

Состав свалочного газа варьируется в зависимости от характеристик захороненных отходов, сроков захоронения, погодных условий и прочих факторов. Обычно свалочный газ содержит 50% метана, 45% диоксида углерода, а также в незначительных количествах азот, кислород, сероводород, водяные пары и твердые частицы. Перед использованием газ должен быть очищен от твердых частиц, обезвожен, охлажден и сжат (подвергнут компрессии).

В зависимости от степени и стоимости очистки, обогащения и сжатия свалочный газ может быть использован в качестве топлива для кот-

Вставка 3.7

КЫРГЫЗСТАН

Использование гибридной системы с биогазовой установкой и микрогидроэлектростанцией

В Таласском районе на севере Кыргызстана остро стоит вопрос надежного электроснабжения, особенно в зимний период, когда используются электрические обогреватели. Во многих районах, где отсутствует инфраструктура электроснабжения, местные жители пользуются керосиновыми лампами для освещения и древесным топливом для приготовления пищи и отопления жилья.

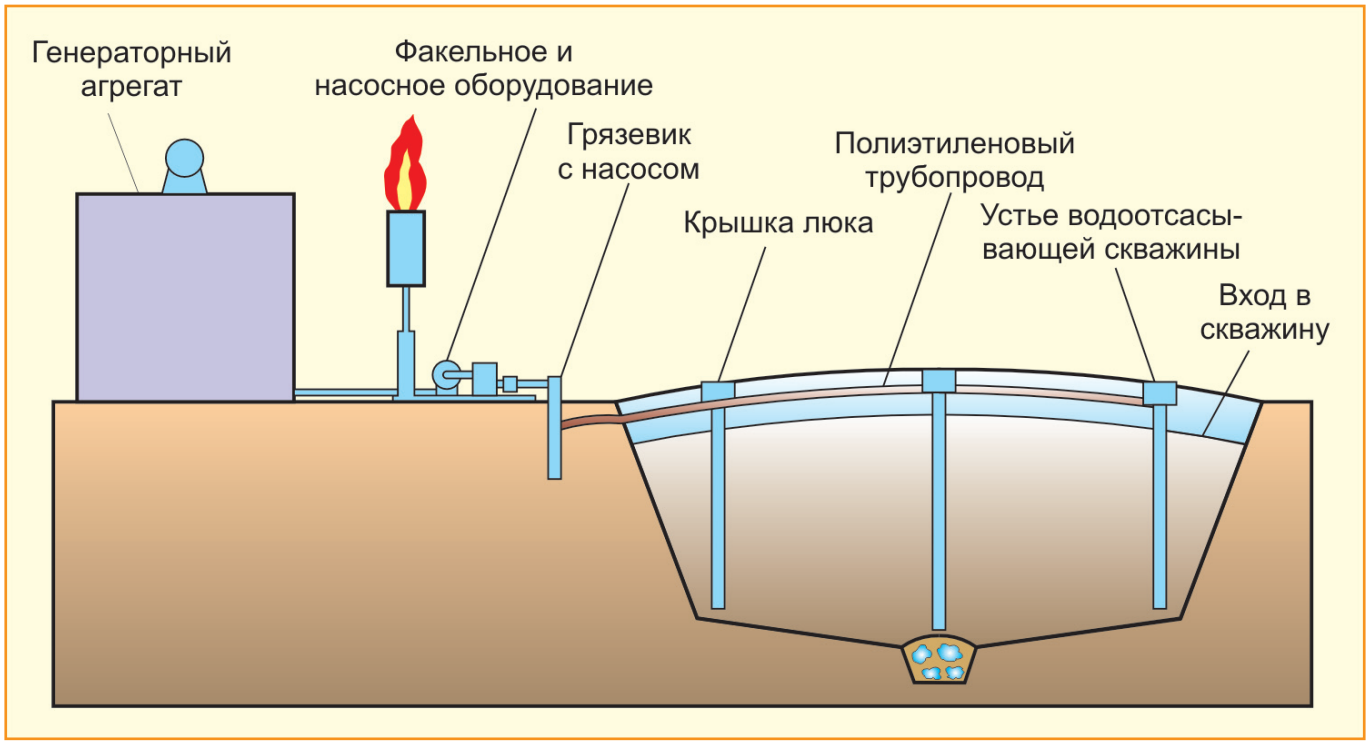
В 2002 г. в рамках проекта Программы малых грантов ГЭФ/ПРООН была применена инновационная комбинация возобновляемых источников энергии, адаптированная к местным условиям и внедренная в целях повышения жизненного уровня населения. Гибридная система, в состав которой входят 4 биогазовых установки местного производства мощностью 6-8 м^3 биогаза в день каждая и микроГЭС мощностью в 5 кВт, обеспечивает электроэнергией 22 бытовых потребителя, производя сопутствующий продукт – органические удобрения. Кроме того, в целях сбережения энергии и уменьшения потерь тепла в домах потребителей были использованы изоляционные материалы на основе базальтового волокна.

Помимо электропитания бытовых приборов и освещения, в зимний период электроэнергия, генерируемая микроГЭС, используется и для подогрева биогазовых установок, чтобы обеспечить их бесперебойную работу. Сырьем для биогазовых установок является смесь навоза с речным илом. Газгольдер мощностью в 4,5 м^3 производит в среднем 6-8 м^3 биогаза в день, который используется для приготовления пищи, отопления и освещения жилья, замещая древесное и органическое топливо. Кроме того, система производит 100-120 л удобрений в день. Эти удобрения использовались для выращивания на трех плантациях 15000 саженцев, чтобы обеспечить строительной древесиной местное население и увеличить количество лесных насаждений в бассейне реки. Кроме этого, использование навоза для производства биогаза улучшает санитарную обстановку и уменьшает стоки отходов в реку, снижая загрязнение и улучшая качество воды, а удобрения улучшают качество почвы. Замещение органического топлива биогазом и электроэнергией, производимой микроГЭС, приводит к определенному сокращению выбросов парниковых газов.

Источник: Программа малых грантов ГЭФ/ПРООН

Рис. 3.7

Типовая система извлечения свалочного газа



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

лов или горелок, для производства пара и/или электроэнергии, а также поставляться в общую газотранспортную систему (вставка 3.8).

Использование свалочного газа для горелок, сконструированных для сжигания природного газа, требует лишь незначительной модификации горелок, поскольку свалочный газ обладает более низкой теплотворной способностью. При производстве пара необходимо, чтобы потребитель этого пара располагался недалеко от установки, так как прокладка стальных изолированных труб высокого давления дорога, к тому же в ходе транспортировки пара имеют место потери тепла.

Для производства электроэнергии могут быть использованы двигатели с поршневыми компрессорами, газовые и паровые турбины, а также микротурбины и топливные элементы, внедрение которых начато в последнее время.

Вставка 3.8

ЭСТОНИЯ

Биогаз из мусорной свалки в Таллине

Таллин – столица Эстонии, является крупнейшим городом этой страны с населением 411594 человек. Ежегодно здесь производится 350-400 тыс. т органических отходов, которые складируются со средней высотой слоя мусора в 35 м на мусорной свалке Пааскула, занимающей площадь почти 25 га. При разложении мусора образуются свалочные газы, их основным компонентом является метан (до 65%).

В 1994 г. газовая компания ООО «Ести Гааз» и несколько частных инвесторов инициировали проект по утилизации свалочных газов в Пааскула. Была создана новая компания ООО «TERTS», которая провела предварительные исследования количественного и качественного состава биогаза при консультативной помощи специалистов из скандинавских стран.

В 1995 г. были введены в строй 5200 м газовых фильтров и 2000 м трубопроводов для подсоединения к коллекторному контейнеру, установленному на свалке Пааскула. Биогаз, извлеченный из каждого фильтра, поступает через коллекторную трубу в компрессорную станцию. На этой станции газ сжимается и очищается. Затем по распределительным сетям он поступает в котельную, где используется для производства тепловой энергии как альтернатива мазутному топливу.

Реализация этого проекта внесла значительный вклад в улучшение санитарных условий в зоне свалки Пааскула. Исходя из опыта скандинавских стран ожидается, что этот проект будет рентабельным.

Источник: www.opet.dk/baltic

Биогазовые котлы

Наиболее предпочтительным топливом из биомассы, благодаря низкому золообразованию и содержанию азота, является древесное топливо, однако в этом качестве могут использоваться также солома и отходы хлопка.

Биогазовые котлы используются только для производства тепла (вставка 3.9). Мощность таких котлов для централизованного теплоснабжения обычно составляет 1-50 МВт, коэффициент готовности - 96-98%, а технический срок службы – около 20 лет. Стандартные выбросы таких котлов составляют 3,4 кг NOx и 41,9 кг сухой золы на 1 т.н.э. топлива, а также 40 мг частиц/нм^3.

Капиталовложения на установку биогазового котла для производства тепла находятся в пределах 0,3 - 0,7 долл. США/Вт. Эксплуатационные расходы составляют приблизительно 3% от первоначальных капиталовложений.

Для сжигания биомассы в котлах могут применяться различные технологии, в том числе сжигание на колосниковой решетке, подвесное сжигание и сжигание в псевдосжиженном слое. Наиболее распространенной технологией является сжигание различных типов биомассы на колосниковых решетках.

Котлы, используемые для комбинированного

Вставка 3.9

ЛАТВИЯ

Использование биогазовых котлов в Броцени

Броцени – это небольшой городок с населением 3500 человек, расположенный к юго-западу от Риги. Основным промышленным предприятием здесь является цементный завод, расположенный вне городской зоны. В городке имелась старая котельная, которая была переоборудована в тепловой пункт с теплообменником, поскольку снабжение паром обеспечивалось от цементного завода через двухкилометровый трубопровод. В зимнее время потребление заводом тепловой энергии резко возрастало, и потребности города обеспечивались с большим трудом. В старой тепловой сети имели место большие потери пара, поэтому цены на тепловую энергию в Броцени были очень высокими при низком качестве предоставляемых услуг. Вскоре после распада Советского Союза завод потерял всех заказчиков и прекратил работу.

Муниципалитет Броцени оценил сложившуюся ситуацию и решил начать реконструкцию системы централизованного теплоснабжения городка с приоритетным использованием ВИЭ и энергоэффективных технологий.

Техническое решение, выбранное в Броцени, стало одним из первых примеров использования биотоплива в Латвии. Биотопливо - отходы деревообрабатывающей промышленности, остатки соломы и отходы от лесопилки - заменили органическое топливо – мазут. Реконструкция заняла всего 8 месяцев

В старой котельной был демонтирован теплообменник, и взамен установлены два новых котла. Один котел с топкой для сжигания биотоплива использовался для покрытия базовой тепловой нагрузки, а другой, работающий на природном газе, - для покрытия пиковых нагрузок. Комплекс, поставленный шведским производителем, включал также горелки, автоматизированное хранилище для биотоплива, топливное хозяйство и оборудование для очистки топочных газов. Таким образом, использование биотоплива обеспечило круглогодичное снабжение потребителей горячей водой, решена также проблема утилизации отходов деревообрабатывающей промышленности.

Источник: www.opet.dk/balti

производства тепловой и электрической энергии при сжигании биомассы на колосниковых решетках, могут иметь мощность от 5 до 15 МВт. Сырьем для этих систем является биомасса в форме отходов древесины или соломы, а продукцией - электроэнергия и тепло. Мощность когенерационных установок обычно определяется спросом на тепловую энергию в зоне непосредственного расположения установки.

Срок службы паровых турбин со сжиганием на колосниковых решетках, использующих отходы древесины, составляет около 20 лет, а коэффициент полезного действия - 90%. Выбросы такой системы дают 41,9 кг золы, 2,9 кг NOx и 0,8 мг частиц на 1 т.н.э топлива. Котел с колосниковой решеткой, сжигающий древесную щепу, стоит приблизительно 3,56 долл. США/Вт-электрический, но ожидается, что в последующие 15 лет цена снизится до 3-3,4 долл. США/Вт-электрический. Общие эксплуатационные расходы составляют около 3-4% от общих капиталовложений в год или около 70 тыс. долл. США в год/МВт.

Срок службы и коэффициент полезного действия систем с колосниковыми решетками, сжигающих солому, такие же, как и у котлов с колосниковыми решетками, сжигающих древесную щепу, но выбросы выше - 2 кг SO_2, 5,5 кг NOx, 1,675 г частиц и 83,8-167,5 кг золы на каждую т.н.э. топлива. Стоимость установки, работающей на сжигании соломы, составляет приблизительно 2,86 долл. США/Вт-электрический. Ожидается, что цена останется неизменной на протяжении следующих 15 лет. Постоянные эксплуатационные затраты составляют приблизительно 105-140 тыс. долл. США в год/МВт [24].

Плиты для приготовления пищи, работающие на биомассе

Стандартные плиты (печи) для приготовления пищи (вставка 3.10), работающие на биомассе, имеют коэффициент полезного действия от 6 до 25%. Эффективность использования биомассы

может быть значительно повышена при изменении конструкции имеющихся в данном районе плит, снижении уровня установки кастрюли, применении огнеупорной футеровки, использовании колосниковых решеток для регулирования подачи воздуха, изоляции стенок плиты.

Изменения, которые необходимо внести в конструкцию плит, а также их новые ценовые показатели можно определить только после проведения соответствующего изучения местных условий и потребностей.

Вставка 3.10

НЕПАЛ

Биогазовые плиты для приготовления пищи

Какую пользу стране может принести использование плит, работающих на биогазе? В Непале установка таких плит, приведшая к уменьшению использования древесного топлива и сокращению тем самым вырубки лесов, позволила улучшить санитарное состояние в жилых зонах и здоровье людей.

На бытовой сектор Непала (в основном это – приготовление пищи и теплоснабжение) приходится до 95% общего энергопотребления, которое обеспечивается сжиганием древесного топлива (75%), сельскохозяйственных отходов и отходов животноводства (20%). Такой высокий спрос на древесное топливо привел к истощению лесов и, как следствие, к деградации земель, эрозии почв, оползням и наводнениям.

Сегодня 140000 сельских жителей Непала готовят пищу на биогазовых плитах. Биогазовые установки, используемые в стране, уже помогли сберечь 400000 т древесины и сэкономить 800000 л керосина, а также предотвратить выброс в атмосферу 700000 т парниковых газов.

Технология такой установки очень проста: навоз от скота является сырьем, а биогаз – продуктом. Некоторые системы подсоединяются и к туалетам, что улучшает санитарные условия и способствует производству биогаза. Непальская конструкция включает воздухонепроницаемый подземный резервуар (метантенк), куда помещается навоз, который затем размешивается некоторым количеством воды. Под куполом резервуара бактерии, находящиеся в навозе, разлагают сырье, что приводит к образованию метана. Эта реакция происходит при отсутствии кислорода, и образовавшийся газ содержит до 70% метана и 30% двуокиси углерода. В куполе метантенка имеется выход, который подключен к плите трубкой. По мере производства газа образовавшийся остаток (жидкая фракция) удаляется и может использоваться в качестве органического удобрения.

Конструкция надежна и проста в работе, требует малых эксплуатационных затрат и достаточно долговечна. Ее стоимость для сельских жителей составляет 300 долл. США. Правительственные субсидии сделали стоимость таких установок более приемлемой для сельских потребителей, снизив ее до 200 долл. США, которая может быть компенсирована в течение трех лет за счет экономии на затратах на органическое топливо.

Источник: Ashden Awards

3.4. Малые и микрогидроэлектростанции

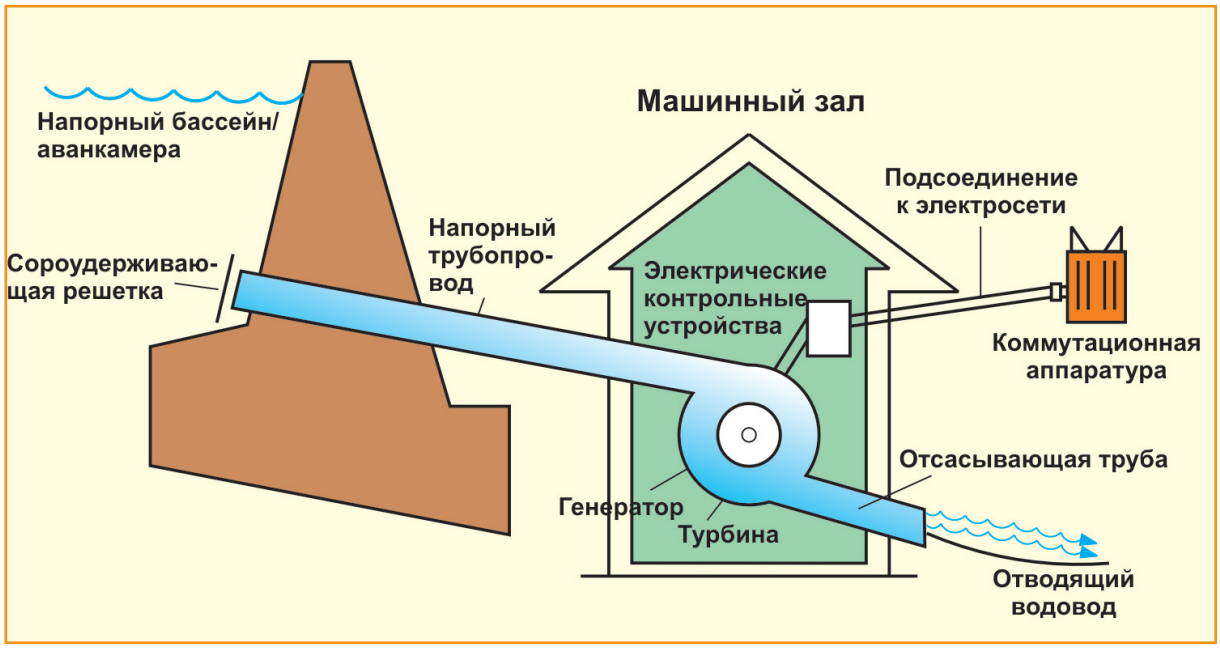
В настоящее время не существует единого для всех стран определения малой и микрогидроэнергетики. В Узбекистане к малым гидроэлектростанциям относят станции с установленной мощностью менее 30 МВт. В Норвегии гидроэнергетику делят на следующие категории: микро - <100 кВт, мини - от 100 до 1000 кВт, малые - от 1 до 10 МВт. Всемирный банк к малым гидроэлектростанциям относит станции мощностью менее 10 МВт.

В настоящее время международное признание завоевывает следующее деление гидроэнергетики: микрогидроэлектростанции - это установки мощностью до 1000 кВт, а малые гидроэлектростанции - установки мощностью от 1 до 10 МВт (рис. 3.8).

Микрогидроэнергетика используется для энергоснабжения небольших промышленных, сельскохозяйственных объектов и бытовых потребителей путем прямого использования механической энергии (водоподъем, водяные мельницы и т.п.) или преобразования ее в электрическую (вставка 3.11).

Рис. 3.8

Схема типовой малой гидроэлектростанции



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

Генерируемая электроэнергия может либо распределяться между отдельными бытовыми потребителями через небольшую электрическую распределительную сеть, либо использоваться для периодической перезарядки аккумуляторных батарей. Второй вариант более предпочти-

Вставка 3.11

АВСТРАЛИЯ

Микрогидроэлектростанция снабжает дом электрической энергией

Дом Леона Трембата расположен на берегу Джек Ривер - горной речки в восточной части Австралии. Две микротурбины, установленные Леоном, круглый год снабжают его электроэнергией. Кроме того, он спроектировал и построил свой дом так, чтобы использовать пассивную солнечную энергию в целях сокращения потребности в отоплении и воздушном кондиционировании.

Вода из Джек Ривер забирается из накопительной запруды размером 2x1 м и пропускается вниз в турбины через водовод диаметром 25 мм. На вводе установлена сороудерживающая решетка, чтобы избежать блокировки работы системы из-за попадания листьев, палок и другого мусора в водовод. Каждая микрогидроустановка вырабатывает около 450 Вт постоянного тока, который заряжает аккумуляторную батарею, рассчитанную на напряжение 24 В и 850 ампер-часов. Имеются два инвертора. Один инвертор работает как регулятор зарядки аккумуляторной батареи, используя избыток электроэнергии для нагрева воды. А второй - обеспечивает электроэнергией (переменным током) все бытовые приборы в доме: холодильник, работающий на напряжении 240 В, компьютер, микроволновую печь, электрочайник, стиральную машину, пылесос, телевизор и видеомагнитофон. В хозяйстве еще имеется четыре больших деревообрабатывающих станка, питание которых также обеспечивается от микрогидроэлектростанций.

Турбины были установлены в 1994 г. С тех пор они работают безупречно, обеспечивая в избытке потребности дома в электроэнергии. Требуется небольшой технический уход за аккумуляторной батареей и ежедневная очистка сороудерживающей решетки в запруде. Леон планирует изменить ее конструкцию так, чтобы она стала самоочищающейся, что сведет техническое обслуживание практически до нуля.

Стоимость системы - менее 18000 долларов США. По сравнению со стоимостью подключения к электрической сети и необходимостью платить по счетам за потребленную электроэнергию - это экономически вполне рентабельно.

Источник: Департамент по окружающей среде и наследию, Офис по вопросам парникового эффекта Австралии

телен в случае большой удаленности потребителей от микрогидроэлектростанций.

Для микрогидроэнергетики используется два типа турбин. Импульсные (активные) турбины преобразуют кинетическую энергию струи воды, падающей на лопасти турбины, а реактивные гидротурбины полностью погружены в поток воды и используют энергию как углового, так и линейного движения воды на лопастях турбины. Гидрогенератор, приводимый в движение гидротурбиной, снабжается электронным контроллером нагрузки (ЭКН), который обеспечивает регулирование скорости вращения при изменениях нагрузки.

Основные затраты в объекты микрогидроэнергетики приходятся на строительно-монтажные работы и оборудование. Обычно удельные затраты на гидроэнергетику снижаются при увеличении мощности установок, т.е. расхода и напора воды. Использование существующих ирригационных каналов, расположение гидроэлектростанций на минимально возможном расстоянии от потребителей и использование самоочищающихся сороудерживающих решеток водосбора, предохраняющих турбины от повреждения, снижает стоимость гидроэлектростанций.

Стоимость микрогидроэлектростанции зависит от специфики объекта и меняется в значительной степени от удаленности объекта и особенностей ее основных компонентов: строительных работ (включая водоводы, плотины и т.д.), генерирующего оборудования и передающих/распределительных линий. Если удельная стоимость выработки электроэнергии в основном зависит от мощности гидроэлектростанции, то капитальные затраты - от стоимости гидротехнических сооружений и электротехнического оборудования. Поэтому предварительная оценка общей стоимости установок микрогидроэлектростанций является достаточно сложной. Как правило, можно пользоваться верхней оценкой в 2000 долл. США/кВт установленной мощности [24]. В Руководстве для пользователей по внесетевой энергетике, подготовленном Всемирным банком, указывается цена в пределах 0,2-2,5 долл. США/кВтч энергии, произведенной микрогидроэлектростанциями.

Перечень потенциальных источников возобновляемой энергии для малой гидроэнергетики необычайно широк. Это - реки, речки, ручьи, естественные перепады высот на озерных водосбросах и на оросительных каналах ирригационных систем.

Обычно для систем *малой гидроэнергетики* используются те же самые технологии, что и для систем микрогидроэнергетики с потоком воды, пропускаемым через турбинный водовод.

Малые гидроэлектростанции требуют достаточно большого потока воды, и предпочтительнее, чтобы соответствующий напор достигался бы без строительства дорогостоящих сооружений. Это может быть обеспечено путем использования существующих дамб, систем контроля уровня воды и ирригационных схем, что значительно снижает стоимость объектов малой гидроэнергетики.

Одной из приоритетных задач является создание эффективного, надежного и недорогого оборудования для микро- и малых гидроэлектростанций. Опыт создания конструкций и инженерных решений для крупномасштабных гидроэлектростанций нельзя автоматически переносить на малую гидроэнергетику. Создание оборудования для микро- и малых гидроэлектростанций требует других подходов.

Одним из многообещающих путей решения данной проблемы является разработка высокопроизводительных проточных поперечно-струйных или двукратных гидротурбин. Максимальный коэффициент полезного действия таких турбин, достигнутый в мире в настоящее время, составляет порядка 90%. Простота конструкции, низкая себестоимость, надежность в работе при достаточно высокой энергетической эффективности дают основания рассматривать поперечно-струйные турбины как приоритетный тип турбин для оснащения ими агрегатов микро- и малой гидроэнергетики.

Диапазон использования поперечно-струйных турбин достаточно широк. Указанный тип турбин для агрегатов микро- и малых гидроэлектростанций может применяться при напорах от 1,5 до 180 метров.

Как показывает международный опыт, освоение потенциала малых рек с использованием малых и микрогидроэлектростанций помогает

решить проблему улучшения энергоснабжения. Наиболее эффективными являются малые гидроэлектростанции, которые создаются на существующих гидротехнических сооружениях. По данным фирмы “Эллимс-Чалмерс” (США), удельные капиталовложения для вновь сооружаемых гидроэлектростанций мощностью 10 МВт составляют 1100-1400 долл. США/кВт [24].

Строительство малой гидроэлектростанции мощностью 1 МВт стоит от 0,5 до 2 млн. долларов США. Прибыль от нее составляет 300 тыс. долларов США в год, а сроки окупаемости капитальных вложений - 2-6 лет.

3.5. Использование геотермальной энергии

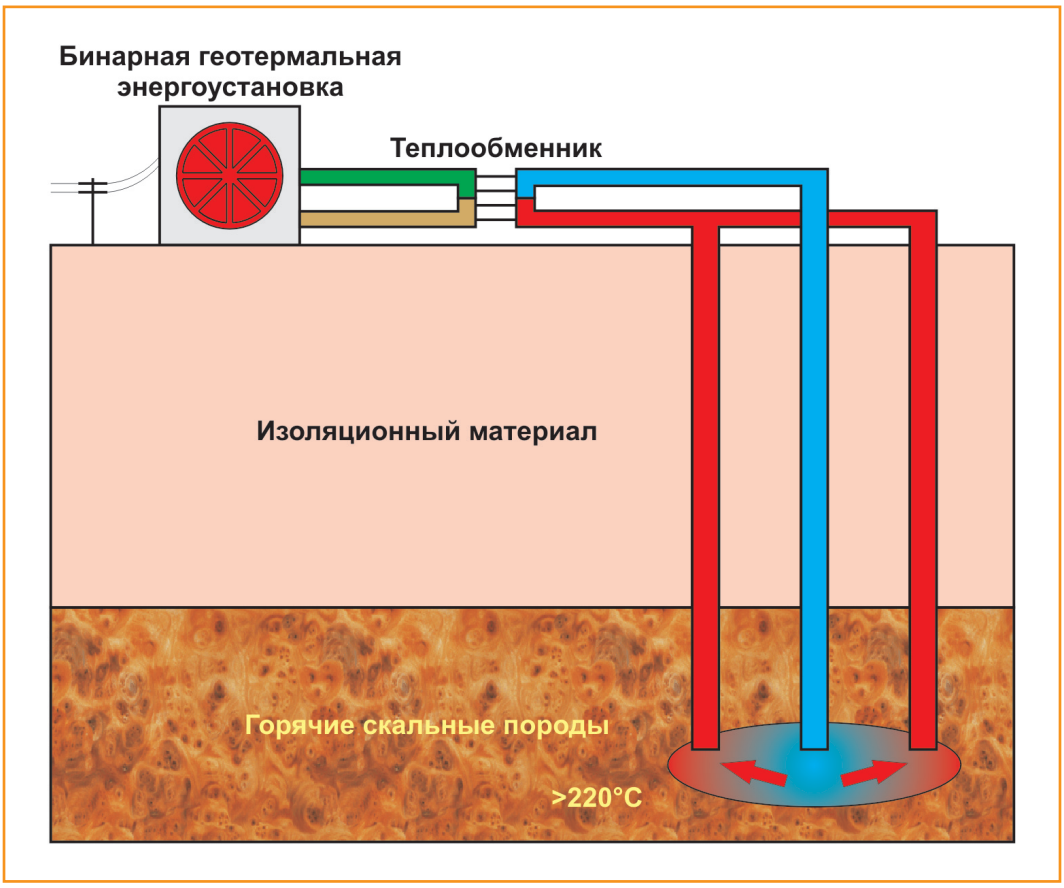
Геотермальная энергия, строго говоря, не является возобновляемой, поскольку речь идет не об использовании постоянного потока тепла, поступающего из недр к поверхности, а об использовании тепла, запасенного жидкими или твердыми средами, находящимися на определенных глубинах (рис. 3.9).

Но этот вид энергии в будущем может сыграть свою роль. Установки, использующие геотермальную энергию, обычно хорошо подходят для больших установок, работающих на единую электрическую систему или на систему централизованного теплоснабжения.

Бурение естественных подземных резервуаров, где циркулируют горячие подземные воды, обеспечивает доступ приводных турбин к источникам пара высокого давления. До того, как подземные воды, обладающие большой энергией, будут закачены обратно в подземное водохранилище, они могут использоваться для системы централизованного теплоснабжения. Существует две категории источников геотермальной энергии: высокотемпературные и средне-низкотемпературные источники. Высокотемпературные источники обычно используются для производства электрической энергии, тогда как низкотемпера-

Рис. 3.9

Основной принцип использования геотермальной энергии



Источник: ПРООН. Отчет по проекту «Обзорные исследования по разработке национальной стратегии развития ВЭ в Узбекистане»

турные - для централизованного теплоснабжения и сельского хозяйства. Температура источника должна быть не ниже 90^{0}С, чтобы обеспечить прямое централизованное теплоснабжение без использования тепловых насосов для повышения температуры теплоносителя (вставка 3.12).

Стоимость электрической энергии, произведенной при использовании геотермальных источников, варьируется в значительной степени в зависимости от природы источника и размеров установки. Себестоимость единицы энергии находится в пределах 0,25-0,1 долл. США/кВтч, тогда как минимальная стоимость пара составляет порядка 3,5 долл. США за 1 т.

Основными факторами, влияющими на стоимость, являются температура ресурса, производительность скважины, инфраструктура объекта и ее мощность. Обычно геотермальная генерация электроэнергии требует относительно высоких капиталовложений. Они необходимы для разведки, бурения скважин и строительства установок. Прямые капиталовложения в геотермальную энергетическую установку приведены в табл. 3.2 [24]. Эксплуатационные расходы для таких установок невелики.

Следует отметить, что при использовании геотермальной энергии выбросы диоксида углерода и сероводорода значительно ниже, чем при сжигании органического топлива.

Вставка 3.12

США

Геотермальные воды для обогрева и кондиционирования общежитий студенческого городка

Общежитие Технологического института штата Орегон с 1964 г. отапливается за счет прямого использования геотермальной энергии. Три геотермальных скважины обеспечивают потребности в тепловой энергии 11 зданий студенческого городка общей площадью в 60400 м^2. В дополнение к теплоснабжению часть зданий студенческого городка использует в летнее время системы кондиционирования воздуха, работающие на том же геотермальном ресурсе. Это обеспечивается с помощью абсорбционного охладителя. Производительность холодильной установки, работа которой основана на принципе работы холодильника, составляет 540 кВт (154 т).

Годовые эксплуатационные расходы для системы составляют около 35000 долл. США (5 центов на кв. фут в год), включая зарплату обслуживающего персонала, стоимость замены или ремонта оборудования и стоимость насосного хозяйства. Для сравнения - годовые эксплуатационные затраты для аналогичной котельной, работающей на природном газе, составляют 250000-300000 долл. США.

Источник: REPP (Проект по стратегии возобновляемой энергии)

Таблица 3.2

Капитальные вложения в геотермальную установку

Направление затрат	Удельные затраты на единицу установленной мощности (долл. США/кВт) для установок мощностью	
	5-30 МВт	свыше 30 МВт
Разведка	250-600	100-400
Паровое поле	400-700	400-700
Энергетическая установка	950-1200	850-1100
Итого:	**1600-2500**	**1350-2200**