**Лекции 7. БИОМАССА И БИОГАЗ. ПРОИЗВОДСТВО И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМАССЫ. ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ПОТЕНЦИАЛ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА**

1. Значение биомассы, биогаза и геотермальной энергии в современном энергетическом секторе

2. Источники, производство и использование биомассы

3. Источники, производство и использование биогаза

4. Источники, производство и использование геотермальной энергии

5. Экологические аспекты и экономические выгоды

6. Перспективы развития

**7.1. Значение биомассы, биогаза и геотермальной энергии**

**Биомасса** представляет собой органический материал, который используется для производства энергии и включает в себя различные виды растительных и животных остатков. Она является возобновляемым источником энергии, так как материалы, из которых она состоит, могут постоянно воспроизводиться через естественные биологические процессы.

Основные источники биомассы включают лесную биомассу (древесина, щепа, кора, и лесные отходы), сельскохозяйственную биомассу (остатки растений, такие как солома, кукурузные стебли, рисовая шелуха), органические отходы (коммунальные и промышленные органические отходы), а также энергетические культуры (растения, специально выращиваемые для получения биомассы, такие как мискантус и свичграсс). Существуют различные технологии преобразования биомассы в энергию, включая пеллетирование (прессование биомассы в гранулы), пиролиз (нагревание биомассы в отсутствие кислорода для получения жидких и газообразных продуктов) и газификацию (превращение биомассы в синтез-газ).

**Биогаз** представляет собой смесь газов, образующихся в результате анаэробного (без кислорода) брожения органических материалов микроорганизмами. Основными компонентами биогаза являются метан (CH4) и углекислый газ (CO2). Метан составляет от 50 до 70% биогаза и является основным горючим компонентом, тогда как углекислый газ составляет от 30 до 50% и не горюч. К примесям в составе биогаза относятся сероводород (H2S), водяной пар и аммиак.

Источники биогаза включают сельскохозяйственные отходы (навоз, остатки кормов), промышленные отходы (отходы пищевой промышленности), коммунальные отходы (органические отходы бытовых хозяйств) и осадки сточных вод из очистных сооружений. Производство биогаза осуществляется посредством анаэробного брожения в специальных биореакторах или метантенках.

**Геотермальная энергия** представляет собой тепло, генерируемое внутри Земли, которое можно использовать для производства тепловой и электрической энергии. Геотермальная энергия образуется в результате радиоактивного распада элементов в земной коре и тепла, сохраняющегося с момента формирования планеты.

Источники геотермальной энергии включают магматические источники (тепло, генерируемое магмой в земной коре) и водоносные горизонты (подземные воды, нагретые геотермальным теплом). Геотермальные установки включают геотермальные электростанции, которые используют тепло подземных вод или пара для производства электроэнергии, и геотермальные тепловые насосы, которые используют тепло подземных вод для отопления зданий.

**Значение биомассы и геотермальной энергии** в современном энергетическом секторе с точки зрения зелёных технологий в электроснабжении:Биомасса и геотермальная энергия играют важную роль в современном энергетическом секторе благодаря их значительному вкладу в экологическую устойчивость и развитие зелёных технологий.

Биомасса, являясь возобновляемым источником энергии, способствует снижению зависимости от ископаемых видов топлива и уменьшению выбросов углекислого газа. При сжигании биомассы выделяется столько же углекислого газа, сколько было поглощено растениями во время их роста, что делает этот процесс практически углеродно-нейтральным. Биомасса может быть использована для производства тепловой и электрической энергии, а также биотоплива, такого как биодизель и биоэтанол, что делает её универсальным источником энергии. Одним из ключевых преимуществ использования биомассы является возможность утилизации различных видов отходов, что снижает нагрузку на полигоны и предотвращает загрязнение окружающей среды. Более того, биомасса доступна практически в любой точке мира, что позволяет снизить зависимость от импорта топлива и поддерживает местную экономику.

Геотермальная энергия, в свою очередь, является практически неисчерпаемым источником энергии, основывающимся на тепле, генерируемом внутри Земли. В отличие от солнечной и ветровой энергии, геотермальная энергия доступна круглосуточно и в любое время года. Производство энергии на геотермальных установках сопровождается низким уровнем выбросов парниковых газов, что делает её важным элементом в стратегии по снижению углеродного следа энергетического сектора.

Геотермальные электростанции имеют высокий коэффициент использования мощности и могут обеспечивать базовую нагрузку энергосистемы, что делает их надёжными источниками энергии. В долгосрочной перспективе геотермальная энергия обеспечивает низкие эксплуатационные расходы по сравнению с традиционными электростанциями. Строительство геотермальных установок создаёт рабочие места и способствует развитию местной инфраструктуры.

Использование биомассы и геотермальной энергии в зелёных технологиях электроснабжения имеет ряд значительных преимуществ. Во-первых, оно способствует значительному снижению выбросов парниковых газов, что является ключевым аспектом в борьбе с изменением климата. Во-вторых, развитие возобновляемых источников энергии, таких как биомасса и геотермальная энергия, снижает зависимость от импорта ископаемого топлива, повышая энергетическую безопасность стран.

Инвестиции в зелёные технологии стимулируют научные исследования и разработки в области эффективного использования возобновляемых источников энергии, что способствует появлению новых технологических решений и улучшению существующих. Наконец, развитие проектов в области возобновляемой энергетики создаёт новые рабочие места, способствует развитию местной экономики и улучшает качество жизни населения за счёт улучшения экологической ситуации.

Биомасса и геотермальная энергия играют ключевую роль в современном энергетическом секторе, обеспечивая устойчивое и экологически чистое энергоснабжение. Эти источники энергии не только способствуют снижению выбросов парниковых газов, но и поддерживают экономическое развитие и энергетическую независимость стран.

**7.2. Биомасса**

**Лесная биомасса** Лесная биомасса включает в себя древесину, щепу, кору и лесные отходы. Лесная биомасса широко используется в качестве топлива для производства энергии благодаря высокой энергетической плотности и доступности. Леса играют ключевую роль в углеродном цикле, поглощая углекислый газ из атмосферы и выделяя кислород. Ежегодный прирост древесины в лесах обеспечивает стабильный источник лесной биомассы.

**Сельскохозяйственные отходы** Сельскохозяйственные отходы представляют собой остатки растений, такие как солома, кукурузные стебли, рисовая шелуха и другие побочные продукты сельскохозяйственного производства. Эти материалы часто остаются после уборки урожая и могут быть эффективно использованы для производства энергии. В 2023 году в мире было произведено около 2,5 миллиарда тонн сельскохозяйственных отходов, значительная часть которых может быть использована для энергетических целей.

**Органические отходы (коммунальные и промышленные)** Коммунальные органические отходы включают пищевые отходы, садовые отходы и другие биоразлагаемые материалы, образующиеся в бытовых хозяйствах. Промышленные органические отходы образуются в процессе производства пищевых продуктов, напитков и других органических материалов. По данным Программы ООН по окружающей среде (UNEP), мировое производство муниципальных твердых отходов в 2023 году составило около 2,01 миллиарда тонн, из которых значительная часть является органическими отходами, пригодными для переработки в биомассу.

**Производство биомассы**

**Методы сбора и обработки**. Сбор и обработка биомассы включают несколько этапов, начиная с удаления биомассы с места ее образования и заканчивая подготовкой к дальнейшей переработке. В лесной отрасли биомасса собирается в виде древесных остатков, а в сельском хозяйстве - в виде остатков растений после уборки урожая. Коммунальные и промышленные органические отходы собираются и транспортируются на перерабатывающие предприятия.

**Системы сбора:**

**- Тракторы и комбайны.** Используются для сбора сельскохозяйственных остатков, таких как солома и стебли растений, непосредственно с поля. Эти машины оснащены специальными устройствами для измельчения и сбора остатков.

**- Лесозаготовительное оборудование.** Включает харвестеры, форвардеры и грейдеры, которые собирают древесные остатки и лесные отходы. Харвестеры обрабатывают деревья, обрезая ветви и кору, а форвардеры транспортируют собранную древесину к месту хранения или переработки.

**Системы хранения:**

**- Силосы и бункеры.** Обеспечивают временное хранение биомассы до её переработки. Используются для хранения остатков растений, древесных отходов и других видов биомассы.

**- Площадки для хранения.** Предназначены для более крупных объемов биомассы, которые могут быть под открытым небом или в крытых складах, чтобы защитить материалы от атмосферных воздействий.

**Оборудование для предварительной обработки:**

**- Мельницы и дробилки.** Применяются для измельчения крупных фракций биомассы (древесины, стеблей растений) до размеров, подходящих для дальнейшей переработки.

**- Сушилки.** Используются для удаления влаги из биомассы, что помогает предотвратить гниение и улучшает ее энергетическую плотность. Сушилки могут быть воздушными, термическими или в форме вращающихся барабанов.

**Оборудование для переработки:**

**- Пеллетные машины** превращают измельченную и высушенную биомассу в пеллеты - компактные топливные гранулы. Это оборудование включает пресс-формы, которые формируют пеллеты, и охладители, которые предотвращают их крошение. Производятся путем прессования биомассы в компактные гранулы. Этот процесс повышает энергетическую плотность и улучшает транспортные характеристики биомассы. Пеллеты широко используются для отопления в домах и на промышленных предприятиях. В 2023 году мировое производство древесных пеллет составило около 40 миллионов тонн.

- **Установки для пиролиза и газификации** используются для термической переработки биомассы с целью получения жидких (топливные масла) и газообразных (синтетический газ) топлив. Пиролиз происходит при высоких температурах в отсутствие кислорода, а газификация - при ограниченном количестве кислорода. В результате пиролиза образуются твердые (биоуголь), жидкие (биомасля) и газообразные продукты. Эти продукты могут быть использованы в качестве топлива или химического сырья. В 2023 году мировой рынок пиролизных установок оценивался в $6,1 миллиарда.

Газификация биомассы включает преобразование твердой биомассы в синтез-газ (смесь водорода, угарного газа и метана) при высоких температурах. Синтез-газ может быть использован для производства электроэнергии, тепла и биотоплива. Мировая мощность газификационных установок на биомассе составляет около 5 ГВт.

**Компостные установки** применяются для переработки органических отходов в компост - высококачественное удобрение. Эти установки могут включать аэраторы и системы управления температурой для поддержания оптимальных условий разложения.

**Процесс функционирования:**

- **Сбор биомассы.** Биомасса собирается с места ее образования с использованием специализированного оборудования. В лесной отрасли это включает уборку древесных остатков и веток с помощью лесозаготовительного оборудования, в сельском хозяйстве - сбор остатков урожая комбайнами и тракторами. Коммунальные и промышленные органические отходы собираются с помощью мусоровозов и транспортируются на перерабатывающие предприятия.

- **Транспортировка.** Собранная биомасса транспортируется на перерабатывающие заводы. Это может осуществляться с использованием различных видов транспортных средств, включая грузовики и конвейерные системы.

- **Предварительная обработка.** На перерабатывающем заводе биомасса проходит предварительную обработку. Это может включать измельчение, сушку и сортировку. Измельченная биомасса проходит через сушильные установки, которые снижают её влажность и готовят к дальнейшей переработке.

- **Переработка.** После предварительной обработки биомасса поступает на переработку. В пеллетных машинах она превращается в топливные пеллеты, которые упаковываются и подготавливаются к использованию. В установках пиролиза и газификации биомасса подвергается термической переработке, в результате чего образуются новые топливные продукты, такие как синтетический газ и жидкие углеводороды. В компостных установках органические отходы превращаются в компост, который может быть использован в сельском хозяйстве.

- **Хранение и распределение.** Готовая биомасса, будь то пеллеты, топливные масла, синтетический газ или компост, хранится на складах до её распределения и использования. Важно обеспечить надлежащие условия хранения, чтобы сохранить качество продукта.

Установка для сбора и обработки биомассы состоит из нескольких ключевых компонентов и этапов, которые обеспечивают эффективное управление и переработку различных видов биомассы. Эти процессы играют важную роль в подготовке биомассы к её использованию в энергетических системах и других приложениях.

**Использование биомассы**

**Тепловая энергия** - биомасса используется для производства тепловой энергии путем сжигания в котлах и печах. Полученное тепло используется для отопления зданий, производства пара для промышленных процессов и генерации электроэнергии. В 2023 году тепловая энергия, полученная из биомассы, составила около 13,9% от общего потребления тепловой энергии в мире.

**Электрическая энергия -** электричество из биомассы производится на биомассовых электростанциях, где биомасса сжигается для генерации пара, который затем приводит в действие турбины. В 2023 году мировая установленная мощность электростанций на биомассе составила около 129 ГВт, что позволило произвести около 557 ТВт·ч электроэнергии.

**Компоненты установки:**

- **Котлы на биомассе.** Основные компоненты котлов включают топливный бункер, камеры сжигания, систему подачи топлива, теплообменники и системы управления.

-**Печи на биомассе** включают топку для сжигания биомассы, систему подачи топлива и устройства для управления процессом горения. Печи могут использоваться для отопления помещений или для промышленных целей, таких как обжиг в печах.

- **Теплообменники** служат для передачи тепла от горячих газов, образующихся при сжигании биомассы, к рабочей жидкости (вода или масло), которая используется для отопления или производства пара. Теплообменники могут быть водяными или масляными в зависимости от применения.

**Электростанции на биомассе - турбинные установки** состоят из котла на биомассе, который сжигает биомассу и производит пар. Пар подается на турбину, которая приводит в движение генератор для производства электроэнергии. **Генераторы** преобразуют механическую энергию, полученную от турбины, в электрическую энергию. Генераторы могут быть различных типов, включая синхронные и асинхронные.

**Котлы на биомассе** включают топливный бункер, камеру сжигания, систему подачи топлива и теплообменник, как описано выше. Они обеспечивают производство пара, который подается на турбину.

**Паровые турбины** используют пар, образующийся в котле, для вращения ротора, который передает механическую энергию генератору. Турбины могут быть различных типов, включая импульсные и реактивные.

**Подготовка биомассы -** биомасса поступает в котел, где она сжигается для получения горячих газов. Пар образуется при нагревании воды в теплообменнике котла. Горячие газы из камеры сжигания нагревают воду в теплообменнике, превращая её в пар. Пар высокого давления направляется на турбину. Пар вращает турбину, которая приводит в движение генератор, производя электрическую энергию. Полученная энергия передается в электрическую сеть. После работы в турбине пар конденсируется в конденсаторе и возвращается в котел для повторного использования.

Таблица 7.1.

**Параметры биомассы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория** | **Описание** | **Примеры / Данные** |
| Источники биомассы | Органический материал, который может быть использован для производства энергии. | Лесная биомасса, сельскохозяйственные отходы, органические отходы (коммунальные и промышленные). |
| Производство | Сбор и обработка биомассы для переработки. | Методы сбора: удаление с места образования.  Обработка: пеллетирование, пиролиз, газификация. |
| Использование | Применение биомассы для получения энергии. | Тепловая энергия, электрическая энергия, биотопливо (биодизель, биоэтанол). |
| Примеры использования | Страны с активным использованием биомассы. | Швеция, Финляндия, США, Китай, Индия. |
| Статистика | Количество энергии, производимой из биомассы, и объемы производства биотоплива. | Тепловая энергия из биомассы: 13,9% мирового потребления (2023). Мировая установленная мощность электростанций на биомассе: 129 ГВт. Биодизель: 46 миллиардов литров (2023). Биоэтанол: 110 миллиардов литров (2023). |

**Биотопливо (биодизель, биоэтанол)**

**Биодизель** производится из растительных масел и животных жиров путем реакции трансэстерификации. Биодизель может использоваться в дизельных двигателях как чистое топливо или в смеси с обычным дизелем. В 2023 году мировое производство биодизеля составило около 46 миллиардов литров.

**Биоэтанол** получается путем ферментации сахаров, содержащихся в растениях, таких как кукуруза и сахарный тростник. Биоэтанол используется как топливо для бензиновых двигателей или как добавка к бензину. В 2023 году мировое производство биоэтанола достигло 110 миллиардов литров.

**Компоненты установки для производства биотоплива:**

**Биореакторы -** реакторы для трансэстерификации. В этих установках растительные масла или животные жиры взаимодействуют с метанолом или этанолом в присутствии катализатора для производства биодизеля. Реакторы могут быть различных типов, включая batch-ректоры и непрерывные реакторы.

**Ферментационные реакторы** используются для ферментации сахаров в растительных материалах (кукуруза, сахарный тростник) для получения биоэтанола. Эти реакторы поддерживают оптимальные условия температуры, pH и концентрации кислорода для работы ферментов. Очистка и фильтрация полученных биотоплив включает удаление примесей и побочных продуктов. В случае биодизеля это может включать процессы нейтрализации и мойки.

**Производство биодизел -** растительные масла или животные жиры поступают в реактор для трансэстерификации, где они реагируют с метанолом или этанолом с образованием биодизеля и глицерина. Биодизель очищается и фильтруется для удаления примесей.

**Производство биоэтанола -** растительные материалы измельчаются и подвергаются ферментации в реакторе, где сахара превращаются в этанол под действием дрожжей. Полученный этанол отделяется от жидкостей и очищается для достижения нужной концентрации.

**Примеры использования биомассы**

**Европа (Швеция, Финляндия)** Швеция и Финляндия являются лидерами в использовании лесной биомассы для производства энергии. В Швеции около 50% всей энергии производится из возобновляемых источников, включая биомассу. В Финляндии доля возобновляемых источников энергии составляет около 40%, причем биомасса играет ключевую роль.

В **США** биомасса широко используется для производства биотоплива. В 2023 году США произвели около 15 миллиардов литров биодизеля и 55 миллиардов литров биоэтанола. Кроме того, значительное количество биомассы используется для производства электроэнергии и тепла.

**Азия (Китай, Индия)** активно развивают технологии использования сельскохозяйственных отходов для производства энергии. В Китае программы по переработке сельскохозяйственных отходов способствуют снижению загрязнения окружающей среды и обеспечению энергетической безопасности. В Индии биомасса играет важную роль в сельских районах, где она используется для приготовления пищи и отопления.

**Статистика производства и использования биомассы**

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2023 году биомасса обеспечивала около 9% мирового производства энергии. В Европе около 60% возобновляемой энергии производится из биомассы. В США биомасса составляет около 5% от общего потребления энергии. В Китае и Индии биомасса также играет значительную роль, обеспечивая около 7% и 10% от общего потребления энергии соответственно. Ожидается, что в ближайшие годы доля биомассы в мировом энергобалансе будет расти, благодаря развитию технологий и увеличению инвестиций в сектор возобновляемой энергетики.

**7.3. Биогаз. Определение и состав биогаза**

Биогаз представляет собой смесь газов, образующихся в результате анаэробного брожения органических материалов. Основными компонентами биогаза являются метан (CH₄) и углекислый газ (CO₂), а также в меньших количествах присутствуют водород (H₂), сероводород (H₂S) и другие газы. Содержание метана в биогазе обычно составляет от 50% до 75%, что делает его высокоэнергетическим и пригодным для использования в различных энергетических приложениях. Биогаз используется для производства тепловой и электрической энергии, а также в качестве транспортного топлива.

**Сырье для производства биогаза**

Производство биогаза осуществляется из различных типов органического сырья, таких как:

- **Сельскохозяйственные отходы -** навоз, растительные остатки, кукурузный силос.

- **Коммунальные органические отходы -** пищевые отходы, отходы из сточных вод.

**Промышленные органические отходы -** отходы переработки пищевых продуктов, бумажные отходы. В 2023 году глобальное производство биогаза составило около 60 миллиардов кубометров, из которых значительная часть приходится на сельскохозяйственные и коммунальные отходы.

Используются следующие технологии для производства

**Технологии анаэробного брожения:**

- **Мезофильное брожение -** процесс происходит при температуре 30-40°C и является наиболее распространенным методом. Он отличается стабильностью и высоким выходом биогаза.

- **Термофильное брожение -** процесс осуществляется при температуре 50-60°C, что позволяет ускорить разложение органических материалов и увеличить выход биогаза. Однако этот метод требует более сложного оборудования и большего энергопотребления.

- **Сухое брожение -** используется для переработки материалов с низким содержанием влаги. В этом методе используются специальные реакторы, которые позволяют перерабатывать твердые органические отходы.

- **Сопряженное брожение -** включает использование смеси различных типов отходов для оптимизации производства биогаза. Этот метод повышает эффективность анаэробного разложения и может улучшить выход биогаза.

**Использование биогаза**

- **Тепловая и электрическая энергия.** Биогаз может использоваться для производства тепловой энергии путем сжигания в котлах. Полученное тепло применяется для обогрева зданий, промышленных процессов и производства пара. Биогаз также используется для генерации электроэнергии на биогазовых электростанциях. В 2023 году мировая установленная мощность биогазовых электростанций составила около 20 ГВт, что позволило произвести около 85 ТВт·ч электроэнергии.

- **Транспортное топливо.** Биогаз, подвергнутый процессу очистки (удаление CO₂ и H₂S), может быть преобразован в биометан, который используется в качестве топлива для транспортных средств. Биометан может использоваться в сжатом виде (CNG) или в сжиженном виде (LNG). В 2023 году мировое производство биометана составило около 5 миллиардов кубометров, что эквивалентно примерно 4 миллионам тонн нефти.

Таблица 7.2.

**Параметры биогаза**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория** | **Описание** | **Примеры / Данные** |
| Определение и состав | Газовая смесь, образующаяся в результате анаэробного брожения органических материалов. | Метан (CH4), углекислый газ (CO2). |
| Производство | Процесс получения биогаза из органических отходов. | Сырье: органические отходы, навоз, сельскохозяйственные отходы. Технологии: анаэробное брожение в биореакторах. |
| Использование | Применение биогаза для получения энергии и топлива. | Тепловая и электрическая энергия, транспортное топливо. |
| Примеры использования | Страны, где активно используется биогаз. | Германия, Дания, Китай, Индия. |
| Статистика | Доля биогаза в мировом производстве энергии. | Биогаз: 2% мирового производства энергии (2022). |

**Примеры использования биогаза**

- **Европа -** Германия является лидером по производству биогаза в Европе, с более чем 9 000 биогазовых установок, производящих около 10 миллиардов кубометров биогаза ежегодно. В Дании и Швеции биогаз широко используется в транспортном секторе.

- В **США** биогаз производится на свалках, очистных сооружениях и фермах. В 2023 году в США было произведено около 2,5 миллиарда кубометров биогаза.

- **Азия -** в Китае и Индии биогазовые установки активно используются в сельских районах для обеспечения энергии и улучшения условий жизни. В Китае в 2021 году было произведено около 15 миллиардов кубометров биогаза.

Согласно данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2023 году биогаз обеспечивал около 1,4% мирового потребления энергии. В Европе доля биогаза в общем энергобалансе составляет около 5%, в США - около 0,5%. В Китае и Индии биогаз также играет значительную роль, обеспечивая около 1% и 2% от общего потребления энергии соответственно. Ожидается, что в ближайшие годы производство и использование биогаза будет расти благодаря развитию технологий и увеличению инвестиций в сектор возобновляемой энергетики.

Биогаз является важным компонентом современной энергетической системы, обеспечивая устойчивое и экологически чистое энергоснабжение. Биогазовые технологии не только способствуют снижению выбросов парниковых газов, но и решают проблему утилизации органических отходов, поддерживают местную экономику и улучшают качество жизни населения.

**7.4. Геотермальная энергия**

Геотермальная энергия представляет собой тепло, которое накапливается внутри Земли и может быть использовано для производства тепловой и электрической энергии. Это тепло возникает в результате радиогенного распада, магматической активности и кондукции, и оно доступно в различных формах, включая подземные воды, пар и горячие породы. Геотермальная энергия является практически неисчерпаемым источником, так как её запас формируется непрерывно в результате геологических процессов внутри Земли.

**Источники геотермальной энергии**

- **Магматические источники** представляют собой области, где магма близка к поверхности Земли, что приводит к образованию высоких температур. В таких зонах, например, на границах тектонических плит или вулканических районах, можно обнаружить значительные запасы геотермальной энергии. Эти источники часто связаны с геотермальными электростанциями, использующими горячие пары и жидкости.

- **Водоносные горизонты** представляют собой подземные водоносные слои, которые нагреваются за счёт контакта с горячими магматическими породами или геотермальными зонами. Они содержат горячие или горячеватые воды, которые могут быть использованы для выработки тепла и электроэнергии. Водоносные горизонты могут быть как пресными, так и солёными, и их температура варьируется от 50°C до более 300°C.

**Принципы работы геотермальных установок**

**Геотермальные электростанции:**

- **Гидротермальные установки** используют подземные воды с температурой от 70°C до 300°C. Вода поднимается на поверхность, где её тепло используется для выработки электроэнергии. Гидротермальные электростанции могут быть как на основе сухого пара, так и флэш-пара.

- **Установки с сухим паром** используют пар, который поднимается из геотермальных источников и непосредственно направляется на турбину. Такие установки эффективны в регионах с высокой температурой и качественным паром.

- **Флэш-паровые установки,** в этих установках горячая вода с высоким давлением выбрасывается в атмосферу, что приводит к её превращению в пар. Этот пар затем используется для приведения в движение турбин. Флэш-паровые установки подходят для источников с температурой воды от 150°C до 300°C.

- **Геотермальные тепловые насосы** используют теплоту, накопленную в подземных водах или грунте, для отопления и охлаждения зданий. Они работают по принципу переноса тепла из земли в здание в зимний период и наоборот - из здания в землю летом. Эффективность таких систем высока благодаря стабильной температуре грунта, что обеспечивает их надежность и долгосрочную эксплуатацию.

**Использование геотермальной энергии:**

- **Тепловая энергия для отопления** зданий, теплиц, бассейнов и других объектов. В 2023 году в странах с высоким уровнем использования геотермальной энергии, таких как Исландия и Норвегия, геотермальное отопление покрывало до 90% потребностей в отоплении. В геотермальных системах отопления используется как непосредственно горячая вода, так и система тепловых насосов.

- **Электрическая энергия** также применяется для производства электроэнергии. В 2023 году мировая установленная мощность геотермальных электростанций составила около 14 ГВт, что позволило выработать около 90 ТВт·ч электроэнергии. Это составило приблизительно 0.3% от общего мирового производства электроэнергии. Наиболее крупные геотермальные электростанции расположены в США, Исландии и Филиппинах.

Таблица 7.3.

**Параметры геотермальной энергии**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Категория** | **Описание** | **Примеры / Данные** |
| Определение | Тепло, генерируемое внутри Земли, использующееся для производства тепловой и электрической энергии. | Использование геотермального тепла. |
| Источники | Разновидности геотермальных ресурсов. | Магматические источники, водоносные горизонты. |
| Принципы работы | Технологии и установки для использования геотермальной энергии. | Геотермальные электростанции: гидротермальные, сухой пар, флэш-пар. Геотермальные тепловые насосы. |
| Использование | Применение геотермальной энергии для различных целей. | Тепловая энергия для отопления, электрическая энергия. |
| Примеры использования | Страны с активным использованием геотермальной энергии. | Исландия, США, Филиппины. |
| Статистика | Доля геотермальной энергии в мировом производстве энергии. | Геотермальная энергия: 0,3% мирового производства электроэнергии (2022). |

**Примеры использования геотермальной энергии**

- **Исландия** является мировым лидером по использованию геотермальной энергии, где она обеспечивает около 90% потребностей в отоплении и примерно 30% потребностей в электроэнергии. Геотермальная энергия в Исландии активно используется для отопления жилых и коммерческих зданий, а также для питания промышленных процессов.

- **В США** крупнейшими центрами производства геотермальной энергии являются Калифорния и Невада. В 2023 году США производили около 40% от общего мирового объема геотермальной электроэнергии. Калифорния является домом для крупнейшего в мире геотермального комплекса - Гейзеры, где установлена мощность более 1.5 ГВт.

- **Филиппины** занимают третье место в мире по производству геотермальной электроэнергии после США и Исландии. Геотермальная энергия на Филиппинах покрывает около 15% потребностей в электроэнергии. На островах, таких как Лусон и Себу, функционируют несколько крупных геотермальных электростанций.

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2023 году геотермальная энергия обеспечивала примерно 0.3% мирового потребления электроэнергии. В странах с высоким уровнем использования геотермальной энергии, таких как Исландия, США и Филиппины, доля геотермальной энергии в общем энергобалансе составляет от 15% до 30%. Ожидается, что в будущем доля геотермальной энергии будет расти благодаря технологическим инновациям и расширению применения в различных регионах.

**Географическое распределение ресурсов**

Геотермальные ресурсы распределены неравномерно по планете. Наибольшие запасы геотермальной энергии сосредоточены в зонах активного вулканизма и на границах тектонических плит, таких как Тихоокеанское кольцо огня. Основные регионы с высокими геотермальными ресурсами включают Исландию, Калифорнию, Японию и Новую Зеландию. В то же время, многие страны, расположенные в неактивных геологических зонах, имеют ограниченные ресурсы и потенциальные возможности. В Узбекистане обнаружены несколько геотермальных областей, которые можно классифицировать на основе их термальных ресурсов:

- **Геотермальные источники в Ферганской долине,** в этом регионе действительно зарегистрированы геотермальные ресурсы. Основное использование этих ресурсов связано с термальными источниками и лечебными целями.

- **Геотермальные источники в Кашкадарьинской области** также имеет потенциальные геотермальные ресурсы, хотя их использование и разработка остаются на начальных стадиях.

- **Геотермальные источники в Ташкентской области**, однако масштаб их использования ограничен и требует дальнейших исследований и развития.

**Технологические инновации и перспективы развития**

Современные технологические инновации включают разработку новых типов геотермальных установок, таких как глубинные геотермальные системы и системы с низкой температурой, которые могут использовать геотермальную энергию в менее активных регионах. Также ведутся исследования по улучшению методов бурения и повышению эффективности существующих систем. Ожидается, что внедрение этих технологий позволит расширить географию применения геотермальной энергии и повысить её эффективность.

**Экологические и экономические преимущества**

Геотермальная энергия имеет ряд значительных экологических и экономических преимуществ:

- **Низкий углеродный след.** Геотермальная энергия значительно снижает выбросы парниковых газов по сравнению с традиционными источниками энергии, такими как угольные и газовые электростанции. Геотермальные установки выделяют в среднем от 1 до 2% углеродного эквивалента по сравнению с угольными электростанциями, что делает их важным инструментом в борьбе с изменением климата.

- **Непрерывный источник энергии.** В отличие от солнечной и ветровой энергии, геотермальная энергия доступна круглосуточно и не зависит от погодных условий. Это обеспечивает стабильное и предсказуемое энергоснабжение, что особенно важно для обеспечения базовой нагрузки и резервного питания в энергетических системах.

- **Экологическая устойчивость.** Геотермальная энергия не требует сжигания ископаемых видов топлива и, таким образом, не вызывает загрязнения воздуха. Также геотермальные электростанции занимают относительно небольшую площадь по сравнению с солнечными и ветровыми парками, что уменьшает их влияние на природные ландшафты.

- **Энергоэффективность.** Геотермальные электростанции имеют высокий коэффициент полезного действия. Современные геотермальные установки могут достигать коэффициента полезного действия до 20-30% для конденсационных систем и до 40% для систем с сухим паром. Это делает их одним из наиболее эффективных источников возобновляемой энергии.

- **Экономические выгоды.** В долгосрочной перспективе эксплуатационные затраты геотермальных установок невелики по сравнению с традиционными электростанциями. После начальных инвестиций в строительство, геотермальные установки обеспечивают стабильные и низкие эксплуатационные расходы. Также строительство геотермальных объектов создает рабочие места и способствует развитию местной инфраструктуры.

- **Многофункциональность.** Геотермальная энергия может быть использована не только для генерации электроэнергии, но и для отопления зданий, теплиц, бассейнов и других объектов. Это делает её универсальным источником энергии, особенно в регионах с холодным климатом.

- **Возможность комбинированного использования.** Геотермальная энергия может быть использована в комбинированных циклах, где тепло от геотермальных источников используется как для генерации электричества, так и для прямого обогрева, что повышает общую эффективность системы.

- **Долгосрочная стабильность.** В отличие от многих возобновляемых источников энергии, которые могут колебаться в зависимости от погодных условий, геотермальная энергия обеспечивает постоянный поток энергии, что делает её надежным источником в условиях нестабильного энергоснабжения.

**Проблемы и вызовы**

- **Высокие начальные затраты.** Строительство геотермальных установок требует значительных капитальных вложений. Затраты на бурение глубоких скважин, установку оборудования и разработку геотермальных ресурсов могут составлять от 2 до 5 миллионов долларов США на мегаватт установленной мощности, что может быть препятствием для некоторых стран и компаний.

- **Ограниченность ресурсов.** Геотермальные ресурсы распределены неравномерно по планете. Наиболее высокие запасы сосредоточены в зонах вулканической активности и на границах тектонических плит. В регионах без активных геотермальных зон доступ к ресурсам ограничен, что может затруднить развитие геотермальной энергетики в таких местах.

- **Экологические риски.** Хотя геотермальная энергия считается экологически чистым источником, существуют потенциальные риски, связанные с её использованием. Например, бурение может вызвать сейсмическую активность, а утечки из геотермальных скважин могут загрязнять подземные воды. Такие проблемы требуют тщательного мониторинга и контроля.

- **Воздействие на местные экосистемы.** Геотермальные установки могут воздействовать на местные экосистемы и ресурсы. Изменения в использовании воды, связанные с забором и сбросом геотермальных жидкостей, могут влиять на уровень подземных вод и качество водоёмов. Эти воздействия могут требовать мер по минимизации и компенсации.

- **Зависимость от геологических условий.** Эффективность геотермальных установок зависит от качества и доступности геотермальных ресурсов. В регионах с низким тепловым потенциалом или недостаточной водоносностью геотермальная энергия может быть менее эффективной и экономически целесообразной.

- **Изменения в ресурсах.** Со временем геотермальные ресурсы могут истощаться или изменяться в зависимости от уровня эксплуатации. Постоянный мониторинг и управление ресурсами необходимы для обеспечения долговременной стабильности и эффективности геотермальных установок.

- **Потенциальные проблемы с просачиванием.** В редких случаях может возникнуть проблема с просачиванием паров и газов из скважин, что требует дополнительных мер по контролю и предотвращению утечек.

- **Сложности с интеграцией в энергосистему.** Несмотря на свою надежность, геотермальная энергия может столкнуться с проблемами интеграции в существующую энергосистему, особенно если энергетическая сеть не настроена на работу с источниками базовой нагрузки.

- **Потребность в долгосрочных инвестициях.** Хотя эксплуатационные затраты могут быть низкими, строительство геотермальных установок требует долгосрочных инвестиций и времени на окупаемость, что может быть затруднительным для некоторых инвесторов.

- **Социальное воздействие.** Построение геотермальных установок может вызывать социальные и культурные конфликты, особенно в областях, где такие проекты могут затронуть традиционные земли и сообщества.

**7.5. Экологические аспекты и экономические выгоды**

Биомасса, биогаз и геотермальная энергия представляют собой ключевые компоненты зеленых технологий в современном электроснабжении и играют важную роль в обеспечении устойчивого развития энергетического сектора. Эти возобновляемые источники энергии способствуют снижению углеродного следа и поддерживают энергетическую безопасность.

**Биомасса** представляет собой органическое сырье, которое может быть использовано для производства тепловой и электрической энергии, а также биотоплива. В рамках Республики Узбекистан, использование биомассы имеет несколько ключевых преимуществ и аспектов:

**Экологическая устойчивость -** биомасса является углеродно-нейтральным источником энергии, что способствует снижению выбросов парниковых газов. Для Узбекистана, имеющего проблемы с загрязнением воздуха и зависимостью от ископаемых видов топлива, это представляет собой значительное экологическое преимущество. Биомасса может быть использована для производства тепловой и электрической энергии, а также биотоплива. Это предоставляет гибкость в использовании энергетических ресурсов и может способствовать улучшению энергетической безопасности страны. Отходопереработка позволяет утилизировать сельскохозяйственные и органические отходы, что помогает уменьшить нагрузку на полигоны и сократить загрязнение окружающей среды. Для Узбекистана, где сельское хозяйство играет важную роль, это решение может быть особенно актуальным.

**Экономическая выгода**, развитие биомассных технологий может способствовать созданию новых рабочих мест, развитию местной экономики и снижению затрат на импорт топлива. В 2023 году, мировое производство биомассы составило около 9% от общего объема энергетики, что подчеркивает её значимость и потенциал для Узбекистана.

**Биогаз**, как продукт анаэробного брожения органических отходов, обладает значительным потенциалом для использования в энергетическом секторе Узбекистана:

**Производство и использование** для производства тепловой и электрической энергии, а также в качестве транспортного топлива. Узбекистан может использовать этот источник для диверсификации своих энергетических ресурсов и улучшения устойчивости энергоснабжения. Использование биогаза позволяет эффективно утилизировать органические отходы и снижать выбросы метана, который является мощным парниковым газом. В долгосрочной перспективе, биогазовые установки могут снизить затраты на утилизацию отходов и способствовать созданию новых рабочих мест.

**Геотермальная энергия** обладает уникальными характеристиками, которые делают её привлекательной для Узбекистана, геотермальные установки имеют низкий уровень выбросов парниковых газов, что способствует снижению углеродного следа и улучшению экологической ситуации в стране. Геотермальные электростанции имеют низкие эксплуатационные расходы и могут обеспечить длительный срок службы, что делает их экономически выгодными. Для Узбекистана, это может означать снижение затрат на энергоснабжение и улучшение экономической устойчивости.

Внедрение зеленых технологий способствует улучшению качества воздуха, сокращению выбросов парниковых газов и уменьшению воздействия на окружающую среду. Проекты в области возобновляемой энергетики способствуют созданию новых рабочих мест, развитию местной инфраструктуры и стимулируют экономический рост.

Инвестиции в возобновляемые источники энергии стимулируют научные исследования и внедрение инновационных технологий, что может повысить конкурентоспособность Узбекистана на международной арене.

Интеграция биомассы, биогаза и геотермальной энергии в энергетическую стратегию Республики Узбекистан представляет собой стратегически важный шаг к устойчивому развитию. Эти источники энергии обеспечивают экологические, экономические и социальные преимущества, способствуя улучшению качества жизни и укреплению энергетической безопасности страны.

Таблица 7.4

**Потенциал использования геотермальной энергии в Узбекистане**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Категория** | **Описание** | **Примеры / Данные** | **Преимущества / Вызовы** |
| Географическое распределение | Распределение геотермальных ресурсов по территории Узбекистана. | Основные ресурсы в Наманганской области и других регионах. | Низкий уровень разведки, необходимость дополнительных исследований. |
| Технологические инновации | Новые технологии и методы для более эффективного использования геотермальной энергии. | Внедрение новых установок и методов бурения. | Высокие затраты на начальные инвестиции, необходимость обучения. |
| Экологические преимущества | Влияние геотермальной энергии на экологическую ситуацию. | Минимизация выбросов углеродов, устойчивое использование ресурсов. | Необходимость защиты экосистем и контроля за геотермальными источниками. |
| Экономические преимущества | Выгоды от использования геотермальной энергии для экономики страны. | Снижение зависимости от импорта энергии, создание рабочих мест. | Высокие стартовые затраты, долгий срок окупаемости. |
| Проблемы и вызовы | Проблемы и вызовы, связанные с использованием геотермальной энергии в Узбекистане. | Недостаток данных о ресурсах, высокие начальные затраты. | Необходимость улучшения инфраструктуры и финансовых вложений. |

Геотермальная энергия обладает значительными преимуществами, включая низкий углеродный след, непрерывный доступ к энергии, экологическую устойчивость и экономические выгоды. Однако она также сопряжена с определенными недостатками, такими как высокие начальные затраты, ограниченность ресурсов, потенциальные экологические риски и зависимость от геологических условий. Для успешного применения геотермальной энергии важно учитывать все эти аспекты и применять современные технологии и методы управления для минимизации негативных воздействий и максимизации её потенциала.

Биомасса, биогаз и геотермальная энергия являются важными компонентами возобновляемых источников энергии, которые вносят значительный вклад в устойчивое развитие и снижение углеродного следа. Их использование и развитие имеют большие перспективы и могут существенно изменить мировой энергетический ландшафт, обеспечивая стабильные и экологически чистые источники энергии для будущих поколений. В Республике Узбекистан также имеется значительный потенциал для развития этих источников энергии, что может способствовать энергетической независимости и устойчивому развитию страны.

**Контрольные вопросы:**

1. Что такое биомасса, и какие основные виды биомассы существуют?

2. Опишите основные методы сбора и обработки биомассы. Какие технологии используются для её переработки?

3. Как биомасса используется для производства тепловой и электрической энергии? Укажите конкретные данные о мировом потреблении и производстве.

4. Что такое биотопливо? Как производятся биодизель и биоэтанол?

5. Определите биогаз и его состав. Какие сырьевые материалы используются для его производства?

6. Какие технологии анаэробного брожения применяются для производства биогаза?

7. Как биогаз используется для генерации тепловой и электрической энергии, а также в качестве транспортного топлива?

8. Что такое геотермальная энергия, и какие существуют источники этой энергии?

9. Каковы принципы работы различных типов геотермальных установок, таких как гидротермальные, сухой пар и флэш-пар?

10. Какие преимущества и вызовы связаны с использованием геотермальной энергии в Узбекистане? Укажите географическое распределение ресурсов и потенциальные проблемы.