

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 (CH_4) и углекислый газ (CO_2). 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 (H_2S), 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, обрезают 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	Страны с активным	Швеция, Финляндия, США, Китай,

использования	использованием биомассы.	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-реакторы 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 (CH_4) и углекислый газ (CO_2), а также в меньших количествах присутствуют водород (H_2), сероводород (H_2S) 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 (CH ₄), углекислый газ (CO ₂).
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, используемое 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.
Технологическая	Новые технологии и	Внедрение новых	Высокие затраты

кие инновации	методы для более эффективного использования геотермальной энергии.	установок и методов бурения.	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.