

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования

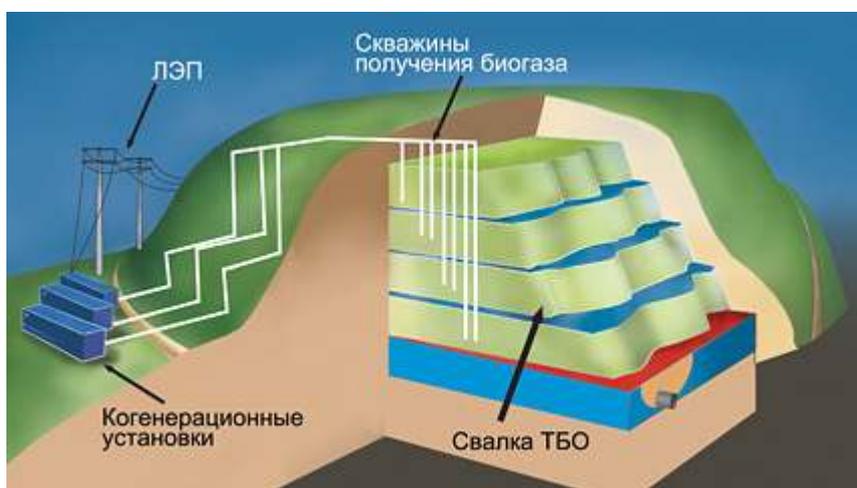
«Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»(ННГАСУ)

Факультет инженерно-экологических систем и сооружений

Кафедра теплогазоснабжения

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для получения теплоты в системах теплоснабжения (свалочный биогаз)

Методическая разработка для студентов очной и заочной форм обучения специальностей
140104.65 «Промышленная теплоэнергетика» и 270109.65 «Теплогазоснабжение и вентиляция»



Нижний Новгород,
ННГАСУ
2012

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии для получения теплоты в системах **теплоснабжения (свалочный биогаз, экологические проблемы использования)** [Текст]: Методическая разработка для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 140104.65 Промышленная теплоэнергетика и 270109.65 Теплогазоснабжение и вентиляция / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет; сост. Г.М. Климов. – Н. Новгород: ННГАСУ, 2012. – 52 с.: ил.

В методической разработке рассмотрены проблемы использования для получения теплоты биогаза (СГ), выделяющегося в захоронениях твердых бытовых отходов (ТБО). Сбор и использование СГ, являющегося особой разновидностью горючих ВЭР, позволяет получать тепловую и электрическую энергии и успешно решать задачи по защите окружающей среды от загрязнений. Во втором разделе методической разработки дана информация по возникающим экологическим проблемам при использовании нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, к которым относится рассматриваемый свалочный газ (СГ). Методическая разработка предназначена студентам, указанных специальностей, выполняющим написание рефератов и курсовую работу по соответствующим дисциплинам рабочего учебного плана.

Рис.6. Табл.4. Библиография: основная 10,
дополнительная 11.

Составитель Г.М. Климов

Рецензент – доцент каф. ТГС Е.Н. Цой

Компьютерный набор – И.И. Ильичева гр.395, Т.О. Стяжкина гр. ПТ-08, М.М. Куделина гр. 306

Содержание

Стр.

Раздел 1

Добыча и утилизация свалочного газа. Введение	5
1 Добыча свалочного газа (СГ)	
1.1 Процессы газообразования в захоронении твердых бытовых отходов (ТБО)	6
1.2, 1.3 Состав и свойства свалочного газа	8
1.4 Пути и методы повышения качества биогаза	8
1.5 Масштабы газообразования СГ в захоронениях ТБО	9
1.6 Виды негативного влияния СГ	10
1.7 Технологическая схема экстракции и утилизации СГ	11
2. Экстракция и утилизация СГ	15
2.1 Экстракция СГ	15
2.2 Утилизация СГ	15
2.3 Масштабы мировой экстракции	16
2.4 Перспективы добычи и утилизации СГ в России	17
2.5 Пилотный проект по экстракции и утилизации СГ на полигонах Московской области	17
3 Заключение	19
4 Список использованных источников	21
4.1 Дополнительный список источников	21
5 Приложение А (справочное) (П.А.): П.А. Математические и инструментальные методы исследования процессов образования СГ на полигонах ТБО	22
6 Приложение Б (справочное): Биогаз, получаемый на полигонах ТБО	25
7 Приложение В (справочное) (П.В.): Классификация отходов, состав отходов, схема современного захоронения отходов	29
7.1 П.В.1 Основные требования к полигону ТБО	30

Раздел 2

1 Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НиВИЭ)	31
1.1 Проблема взаимодействия энергетики и экологии	31
1.2 Экологические последствия развития солнечной энергетики	32
1.3 Гидроэнергия.....	35
1.4 Энергия ветра	37
1.5 Возможные экологические проявления геотермальной энергетики	43
1.6 Экологические последствия использования энергии океана	45
1.7 Экологическая характеристика использования биоэнергетических установок	50
Источники к разделу 2	52

Раздел 1

Добыча и утилизация свалочного газа (СГ)

Введение

Жизнедеятельность человека связана с появлением огромного количества разнообразных отходов. Резкий рост потребления в последние десятилетия привел к существенному увеличению объемов образования твердых бытовых отходов (ТБО). Твердые промышленные и бытовые отходы (ТП и БО) засоряют и захламляют окружающий нас природный ландшафт. Кроме того они могут являться источником поступления вредных химических, биологических и биохимических препаратов в окружающую природную среду. Это создаёт определенную угрозу здоровью и жизни населения. С другой стороны ТП и БО следует рассматривать как техногенные [2 ... 4] образования, которые нужно промышленно-значимо характеризовать содержанием в них ряда ценных практически бесплатных компонентов, черных, цветных металлов и других материалов, пригодных для использования в металлургии, стройиндустрии, машиностроении, в химической индустрии, энергетике, в сельском и лесном хозяйстве.

Отходами называют продукты деятельности человека в быту, на транспорте, в промышленности, не используемые непосредственно в местах своего образования и которые могут быть реально или потенциально использованы как сырье в других отраслях хозяйства, в ходе регенерации или для получения энергии. Человек не может жить, не оставляя после себя твердые бытовые отходы (ТБО). Количество их зависит от величины города, характера используемых в нем отопительных систем и вида топлива, от развития сети общественного питания, степени городского благоустройства, местного климата. В среднем принято считать, что на одного жителя в год накапливается 250 кг мусора. Количество отходов с каждым годом увеличивается (см. П.В. табл.1). Отходы производства и потребления в загрязнении окружающей среды фактически занимают второе место, после аварий на нефтепроводах. Сбор, обезвреживание, размещение и утилизация отходов – актуальная проблема.

Резкий рост потребления в последние десятилетия во всем мире привел к существенному увеличению объемов образования твердых бытовых отходов (ТБО). В настоящее время масса

потока ТБО, поступающего ежегодно в биосферу, достигла почти геологического масштаба и составляет около 400 млн. тонн в год. Влияние потока ТБО остро сказывается на глобальных геохимических циклах ряда биофильных элементов, в частности органического углерода. Так, масса этого элемента, поступающего в окружающую среду с отходами, составляет примерно 85 млн. тон в год, в то время как общий естественный приток углерода в почвенный покров планеты составляет лишь 41,4 млн. тонн в год.

Одним из основных способов удаления ТБО во всем мире остается захоронение в приповерхностной геологической среде. В этих условиях отходы подвергаются интенсивному биохимическому разложению, которое вызывает генерацию биогаза, называемого (СГ) свалочный газ (см. П.Б.).

Эмиссии СГ, поступающего в природную среду, формирует негативные эффекты как локального, так и глобального характера. По этой причине во многих развитых странах мира осуществляются специальные мероприятия по минимизации эмиссии СГ. **Это фактически привело к возникновению самостоятельной отрасли мировой индустрии, которая включает добычу и утилизацию СГ.**

1. Добыча свалочного газа

1.1 Процессы газообразования в захоронении ТБО

Существенная часть фракций ТБО повсеместно представлена различными органическими материалами, в основном это пищевые остатки и бумага. Их соотношение меняется в зависимости от уровня развития страны и её географического положения и культурных особенностей. В целом доля органических фракций ТБО колеблется по миру не столь значительно, от 56% в развитых странах до 62%- в развивающихся. Если учесть фракции представленные древесными отходами, то эти величины возрастут соответственно до 61% и 69%(см. рис. 3,4).

В условиях захоронений, куда поступает практически 80 % общего потока отходов, быстро формируются анаэробные условия, в которых протекает биоконверсия органического вещества (ОВ) с участием метаногенного сообщества микроорганизмов. В результате этого процесса образуется биогаз или, так называемый, свалочный газ (СГ), макрокомпонентами которого являются метан (CH_4) и диоксид углерода (CO_2). Метановое брожение отличает высокий КПД превращения энергии органических веществ в биогаз, достигающий 80-90%. Биогаз может с высокой эффективностью использоваться

как топливо. С помощью газогенераторов (КПД-83%) его можно трансформировать в электроэнергию (33%) и тепловую (55%) энергию. Пригоден он и для ДВС и дизельных двигателей. Биогазовые установки легко разместить в любом районе, они не требуют строительства дорогостоящих газопроводов.

Можно утверждать, что в среднем газогенерация заканчивается в свалочном теле в течение 10-50 лет, при этом удельный выход газа составляет 120-200 куб. м. на тонну ТБО. Стехиометрия процесса газообразования может быть описана следующим упрощенным уравнением реакции:



Существенное варьирование газопродуктивности и скорости процесса определяется условиями среды, сложившимися в конкретном свалочном теле. **К числу параметров, контролирующих биоконверсию, относятся влажность, температура, рН, состав органических фракций.** Их комплексное влияние отражается в следующем уравнении кинетики реакции газообразования первого порядка [6]: $Q=M*q*e^{kt}$ (2)

где Q - количество биогаза (куб. м), генерированное за время t (годы); M - масса отходов (т); q- удельный газовый потенциал (куб. м/т); k - константа скорости реакции газообразования (1/год).

На практике для прогноза газообразования применяют различные модификации формулы (2). Их основное различие сводится к количеству фракций органического вещества (ОВ) ТБО, включаемых в рассмотрение. Как правило, **в составе ОВ выделяют быстро-, средне- и медленно разлагаемые материалы. Они существенно различаются по своим физико- химическим свойствам и сроком биологического распада.** Так, например, разложение "быстрых" фракций завершается в течение 2-4 лет, в то время как биоконверсия "медленных" - протекает в течение десятилетий. В зависимости от количества фракций, включаемых в формулу (2), прогнозные модели принимают вид одно-, двух- и трехфазных.

Так, многолетние исследования позволили фирме "Геополис" установить, что обобщенная двухфазная модель, использующая константы скоростей реакций, оцененные на основании полевых наблюдений, является адекватным средством прогноза образования СГ для условий России и Италии. Кривая реализации удельного

газового потенциала ТБО, отражающая данную модель, позволяет сделать вывод о том, что **наиболее интенсивно процесс протекает в первые 5 лет, за которые выделяется около 50% полного запаса СГ [5.5].**

1.2 Промышленное получение биогаза из органических отходов имеет ещё ряд существенных преимуществ: фактически происходит санитарная обработка сточных вод (особенно животноводческих и коммунально-бытовых), уничтожаются яйца, патогенная микрофлора и семена сорняков. Кроме того, анаэробная переработка отходов животноводства, растениеводства приводит к минерализации N_2 и P - основных слагаемых удобрений, что обеспечивает их сохранение, тогда как при традиционных способах приготовления удобрений методами компостирования безвозвратно теряется до 30-40% N_2 ; P.

1.3 Состав и свойства свалочного газа[5.5;5.6]

Макрокомпонентами СГ являются метан и диоксид углерода (CO_2), их соотношение может меняться от 40-70% до 30-60% соответственно. В существенно меньших концентрациях, на уровне нескольких процентов, присутствуют азот (N_2), кислород (O_2), водород (H_2). В качестве микропримесей в состав СГ входят десятки различных органических соединений. Состав биогаза обуславливает ряд его специфических свойств. **Прежде всего СГ горюч, его средняя теплота сгорания (калорийность) составляет примерно (5500 Ккал/м^3) 23300 кДж/м^3 . В определенных концентрациях он токсичен. Конкретные показатели токсичности определяются наличием ряда микропримесей, таких, например как сероводород (H_2S). Обычно СГ обладает резким неприятным запахом.** Также СГ, относится к числу так называемых парниковых газов, что и делает его объектом пристального внимания мирового сообщества.

1.4 Пути и методы повышения качества биогаза

1.4.1 Снижение влажности биогаза. Биогаз из биореакторов и метантенков имеет относительную влажность около 100%, и часто содержит в себе большое количество капельной влаги. Биогаз, добываемый из свалок бытовых отходов, имеет меньшую влажность, но часто в толще свалки имеется значительное количество так называемого фильтрата и влажность биогаза повышается. Использование влажного биогаза в топках котлов и камерах сгорания двигателей отрицательно сказывается на работе этих устройств, понижает их КПД и повышает уровень вредных выбросов двигателя, это приводит также к коррозии оборудования.

После удаления капельной влаги относительная влажность биогаза остается высокой, достигая 100%.

1.4.2 Очистка биогаза от вредных примесей. По составу и количеству примесей биогаз различного происхождения не одинаков. **Наибольшую концентрацию в биогазе составляет H_2S .**

Процесс очистки биогаза был предложен и изучен еще в 1991 году в Институте электродинамики НАН Украины (Осинин СП, Фильчашкин С.С. и др. В кн.: Проблемы создания и использования возобновляемых источников энергии.). Устройство рассчитано на производительность 50 м³биогаза в час и содержание сероводорода в исходном биогазе до 2%. **Расчетный уровень содержания сероводорода в очищенном биогазе не должен превышать 1 ppm.**

1.4.3 Обогащение биогаза метаном, разделение компонент биогаза. Наличие в биогазе большого количества диоксида углерода значительно снижает его качество, как топлива. **Существуют различные методы обогащения биогаза метаном. К ним относятся:** разделение компонент биогаза с помощью полупроницаемых мембран; химическая абсорбция диоксида углерода из биогаза; разделение компонент биогаза методом короткоциклового адсорбции (КЦА); криоадсорбционное разделение биогаза; криодистилляционное разделение биогаза.

1.5 Масштабы газообразования СГ в захоронениях ТБО (см. П.А.)

Глобальная эмиссия СГ является важным параметром для расчёта прогнозных моделей изменения климата Земли в целом. Также на оценках потоков свалочного метана строятся национальные стратегии природоохранной деятельности в некоторых развитых странах. Так, например, в США вступил в силу закон о необходимости оборудования всех без исключения полигонов страны системами добычи и обезвреживания биогаза, после того как американскими исследователями было показано, что свалки являются основным антропогенным источником метана в США.

Первые глобальные оценки потока свалочного метана начали проводиться в прошлом десятилетии. Так, в одной из первых наиболее авторитетных работ 1987 года **было показано, что глобальная эмиссия свалочного СГ составляет 30-70 млн. т в год, или 6-18% от его общепланетарного потока.** При этом отмечалось, что данная величина превышает массу метана выделяемого угольными шахтами. На основании роста объёмов образования ТБО в

развивающихся странах делался прогноз о том, что в следующем столетии свалки будут основным глобальным источником метана.

В середине девяностых годов оценка глобальной эмиссии свалочного метана проводилась экспертной группой. Межправительственной комиссии по изменению климата (IPCC) была получена величина равная 40 млн. т/год. Практически она подтвердила правильность прежних оценок, и окончательно поставила свалочный метан в реестр основных источников парниковых газов планеты. Интересно отметить, что существенный вклад в глобальную эмиссию производит Россия. По тем же оценкам IPCC свалки России ежегодно выбрасывают в атмосферу 1,1 млн. т, что составляет примерно 2,5% от планетарного потока.

1.6 Виды негативного влияния СГ

Свободное распространение СГ в окружающей среде вызывает ряд негативных аффектов как локального, так и глобального масштабов, обусловленных его специфическими свойствами.

*** При накоплении СГ могут формироваться взрывопожароопасные условия в зданиях и сооружениях, расположенных вблизи захоронений ТБО.** Такие ситуации регулярно возникают в случае нелегального захоронения ТБО в зонах жилой застройки. Например, в Москве, десятки объектов были построены в последнее десятилетие в зонах распространения так называемых насыпных грунтов, которые в большинстве случаев были представлены массами газогенерирующих ТБО. Только разработка специальных защитных мероприятий позволила ввести указанные объекты в строй. Вместе с тем известны случаи взрывов зданий из-за накопления СГ вихтехподпольях. Частые пожары на полигонах также в основном являются последствием стихийного, бесконтрольного распространения СГ.

*** Накопление СГ в замкнутых пространствах также опасно с токсикологической точки зрения.** Известно довольно много случаев отравлений при техническом обслуживании заглубленных инженерных коммуникаций, которые сопровождались смертельными исходами. К сожалению, открытая статистика таких инцидентов отсутствует. Высока вероятность того, что причиной несчастий было накопление СГ, источником которого являлись старые насыпные грунты.

*** СГ также оказывает губительное воздействие на растительный покров.** Так, причиной подавления растительного покрова, которое регулярно наблюдается вокруг свалочных тел, является накопление СГ в поровом пространстве почвенного покрова, вызывающее асфиксию корневой системы.

*** Свободное распространение СГ приводит также к загрязнению**

атмосферы прилегающих территорий, токсичными и дурно пахнущими соединениями. И наконец как уже отмечалось **СГ является парниковым газом**, который усиливает эффект изменения климата Земли в целом.

Приведенный перечень негативных явлений, обусловленных СГ, убедительно свидетельствует о необходимости борьбы с его эмиссиями. В большинстве развитых стран существуют специальные законы, обязывающие владельцев полигонов предотвращать стихийное распространение СГ. **Основным методом, обеспечивающим решение этой задачи, является технология экстракции и утилизации СГ.**

1.7 Технологическая схема экстракции и утилизации СГ

Для экстракции СГ на полигонах обычно используется следующая **принципиальная схема: сеть вертикальных газодренажных скважин соединяют линиями газопроводов, в которых компрессорная установка создает разрежение, необходимое для транспортировки СГ до места использования.** Установки по сбору и утилизации монтируются на специально подготовленной площадке за пределами свалочного тела. **Принципиальная технологическая схема системы по сбору СГ приведена на рисунке 1 и в П.Б.**

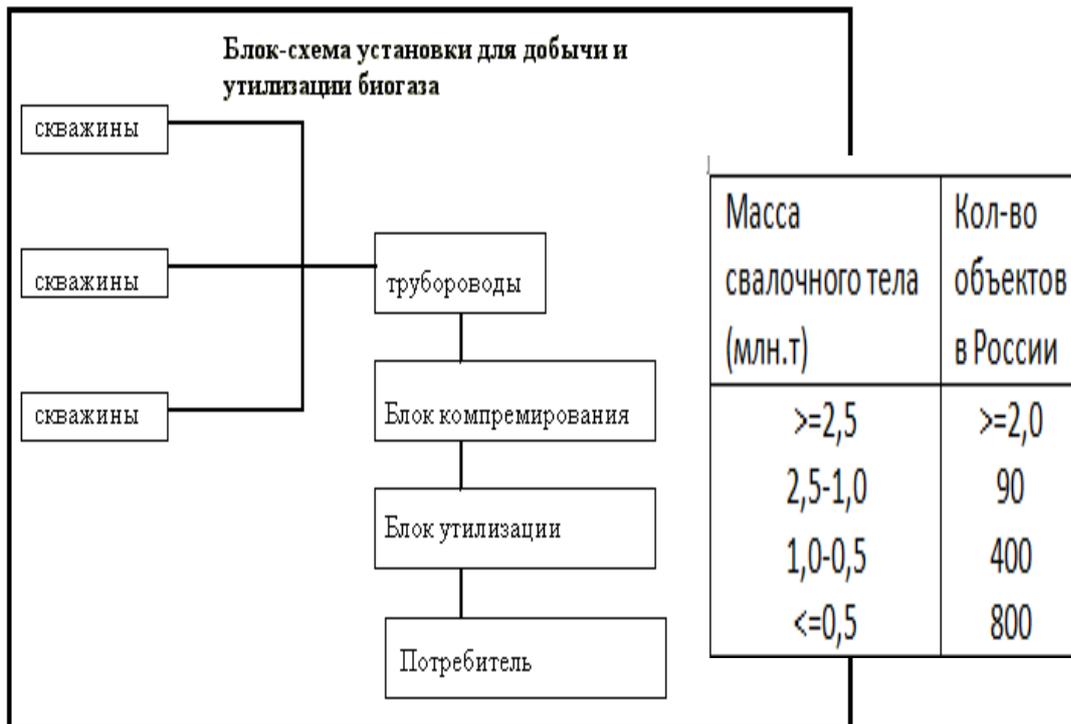


Рис.1. Блок-схема установки для добычи и использования свалочного газа
Каждая скважина осуществляет дренаж конкретного блока ТБО, условно имеющего

форму цилиндра. Устойчивость работы скважины может быть обеспечена, если её дебит не превышает объёма вновь образующегося СГ. Оценка газопродуктивности существующей толщи ТБО проводится в ходе предварительных исследований.

Сооружение газодренажной системы может осуществляться как целиком на всей территории полигона ТБО после окончания его эксплуатации, так и на отдельных участках полигона в соответствии с очередностью их загрузки. **При этом надо учитывать, что для добычи СГ пригодны свалочные тела мощностью не менее 10 м.**

Желательно также, что бы территория полигона ТБО, на которой намечается строительство системы сбора СГ, была рекультивирована, т.е. перекрыта слоем грунта мощностью не менее 30-40 см. (см. П.Б.)

1.7.1 Скважины для извлечения СГ (см.П.Б.)

Для добычи СГ на полигонах ТБО применяются вертикальные скважины. Обычно они располагаются равномерно по территории свалочного тела с шагом 50 - 100 м между соседними скважинами. Их диаметр колеблется в интервале 200 - 600 мм, а глубина определяется мощностью свалочного тела и может составлять несколько десятков метров. Для проходки скважин используется как обычное буровое оборудование, так и специализированная техника, позволяющая сооружать скважины большого диаметра. При этом, выбор того или иного оборудования обычно обусловлен экономическими причинами.

При бурении скважин в толще отходов в российских условиях, наиболее целесообразным, по нашему мнению, является использование шнекового бурения. Оно сравнительно недорого и легко доступно, т.к. широко используется в инженерно-геологических изысканиях. При использовании этого вида бурения максимально возможный диаметр скважин составляет 0,5 м. Однако их строительство в российских условиях встречает ряд трудностей, связанных с присутствием большого количества инородных включений (металлических и бетонных конструкций, остатков техники, механизмов и пр.) в свалочной толще, затрудняющих бурение и приводящих к частой поломке бурового инструмента. Опыт показывает, что относительно легко могут быть пробурены скважины диаметром 250-300 мм, в тоже время они вполне достаточны для добычи СГ.

Инженерное обустройство скважины включает несколько этапов. На первом - в скважину опускается перфорированная стальная или пластиковая труба, заглушённая снизу и снабжённая фланцевым соединением в приустьевой части. Затем в межтрубное пространство

засыпается пористый материал (например, гравий) с послойным уплотнением до глубины 3 - 4 м от устья скважины. На последнем этапе сооружается глиняный замок мощностью 3 - 4 м для предотвращения попадания в скважину атмосферного воздуха.

После завершения строительства скважины приступают к установке оголовка скважины, представляющего собой металлический цилиндр, снабженный газонапорной арматурой для регулировки дебита скважины и контроля состава СГ, а также патрубком для присоединения скважины к газопроводу.

На заключительной стадии на оголовке скважины устанавливается металлический или пластмассовый короб для предотвращения несанкционированного доступа к скважине.

1.7.2 Газопроводы для транспортировки СГ (см.П.Б.)

Температура СГ в толще отходов может достигать 40 -50°С, а содержание влаги -5-7% об. После экстракции СГ из свалочного тела и его поступления в транспортные газопроводы, происходит резкое снижение температуры, что приводит к образованию конденсата, который может выделяться в значительных количествах. Ориентировочно при добыче СГ в объёме 100 м³ /час, в сутки образуется около 1 м³ конденсата. Поэтому отвод конденсата с помощью специальных устройств является задачей первостепенной важности, т.к. его наличие в газопроводе может затруднить или сделать невозможной экстракцию СГ.

На первом этапе проектирования газопроводов проводится их гидравлический расчёт с целью выбора оптимального диаметра труб на различных участках. При выборе материалов для газопроводов обычно рассматривают два варианта: использование пластиковых или стальных труб. Их сравнительный анализ проводится по следующим критериям: механическая прочность; коррозионная стойкость; возможность использования в просадочных грунтах.

Основное преимущество стальных труб обусловлено механической прочностью и их повсеместным использованием при строительстве газопроводов в России. Пластиковые трубы характеризуются высокой коррозионной стойкостью и пластичностью. Учитывая высокую просадочную способность ТБО и высокую коррозионную активность СГ для прокладки

газопровода рекомендуется использовать пластиковые трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД). Полиэтиленовые газопроводы обладают рядом преимуществ по сравнению с металлическими: они гораздо легче, обладают достаточной прочностью, эластичностью и коррозионной стойкостью, хорошо свариваются. Газопроводы не требуют электрохимической защиты. Производительность труда при строительстве полиэтиленовых газопроводов в 2,5 раза выше. **При приёмке в эксплуатацию полиэтиленовых газопроводов требуется исполнительная документация согласно СНиП 2.04.08-87 и СНиП 3.05.02-88.** При отсутствии полиэтиленовых могут быть применены стальные трубы. В связи с повышенной агрессивностью среды свалочной толщ, при их использовании газопровод должен быть изолирован защитными покрытиями усиленного типа в соответствии с действующими техническими нормативами; битумно-полимерными, битумно-минеральными, полимерными (по ГОСТ 15836-79).

Газопровод прокладывается в траншеях, пройденных на глубине предотвращающей промерзание труб в зимнее время. При прокладке линий газопровода с целью предотвращения скопления конденсата необходимо соблюдать определенные уклоны, **а также устанавливать конденсатоотводчики, обеспечивающие удаление влаги из системы.** Конденсатоотводчик представляет собой стальной сварной резервуар для стока конденсата с системой гидрозатвора, обеспечивающие минимальные трудозатраты по поддержанию их в рабочем состоянии.

Для регулирования работы газопровода используется запорная арматура из материалов коррозионностойких к биогазу - краны, задвижки и заслонки. Запорная арматура должна обеспечить надежность, оперативность и безопасность при А управлении работой газопровода с минимальными гидравлическими потерями.

По системе трубопроводов СГ поступает на пункт сбора СГ.

1.7.3 Пункт сбора СГ (см. П.Б.)

Газосборный пункт предназначен для принудительного извлечения СГ из свалочной толщ. Для этого с помощью специального электровентильатора в системе газопроводов создается небольшое разрежение (около 100 бар).

2 Экстракция и утилизация СГ

Производство биогаза из различных городских отходов давно налажено почти в разных странах. К развитию данной отрасли приступили и в Московском регионе. В 66 государствах мира твёрдые и другие отходы используются для производства биогаза, позволяющего сократить потребление ископаемого топлива и оздоровить биосферу. Накопление метаносодержащих веществ может привести к взрывам и пожарам в зданиях и сооружениях, расположенных вблизи захоронений ТБО, либо построенных на так называемых насыпных грунтах, состоящих в своем большинстве из газосодержащих отходов. На таких грунтах в Москве в последнее десятилетие были сооружены десятки зданий.

2.1 Экстракция СГ

Для экстракции СГ на полигонах обычно используется следующая принципиальная схема: **сеть вертикальных газодренажных скважин соединяют линиями газопроводов, в которых компрессорная установка создает разрежение необходимое для транспортировки СГ до места использования. Установки по сбору и утилизации монтируются на специально подготовленной площадке за пределами свалочного тела.**(см.рис 1; П.Б. рис 3). Оценка газопродуктивности существующей толщи ТБО проводится в ходе предварительных полевых газо-геохимических исследований. Сооружение газодренажной системы может осуществляться как целиком на всей территории полигона ТБО после окончания его эксплуатации, так и на отдельных участках полигона в соответствии с очередностью их загрузки. При этом **надо учитывать, что для добычи СГ пригодны свалочные тела мощностью не менее 10 м.** Желательно также, что бы территория полигона ТБО, на которой намечается строительство системы сбора СГ, была рекультивирована, т.е. перекрыта слоем грунта мощностью не менее 30-40 см.

2.2 Утилизация СГ

В мировой практике известны следующие способы утилизации СГ:

- * **факельное сжигание**, обеспечивающее устранение неприятных запахов и снижение пожароопасности на территории полигона ТБО, при этом энергетический потенциал СГ не используется в хозяйственных целях;

- * **прямое сжигание СГ для производства тепловой энергии;**

- * **использование СГ в качестве топлива для газовых двигателей с целью получения**

электроэнергии и теплоты;

* использование СГ в качестве топлива для газовых турбин с целью получения электрической и тепловой энергии;

* доведение содержания метана в СГ (обогащение) до 94 -95% с последующим его использованием в газовых сетях общего назначения.

Целесообразность применения того или иного способа утилизации СГ зависит от конкретных условий хозяйственной деятельности на полигоне ТБО и определяется наличием платёжеспособного потребителя энергоносителей, полученных на основе использования СГ. В большинстве развитых стран этот процесс стимулируется государством с помощью специальных законов. **В России подобная нормативно-правовая база отсутствует, что, естественно, сдерживает широкое распространение биогазовых технологий.** Следствием этого являются большие трудности, связанные со сбытом энергии, полученной из СГ. **В сложившихся условиях использование СГ для удовлетворения нужд полигона ТБО или локального потребителя является наиболее реалистичным.** Но и у нас в стране проводились специальные исследования, показавшие, что стоимость добычи 1 кубометра биометана составляет около 0,18 руб., производства 1 кВт/ч электроэнергии - 0,25 руб. Рассматривалось два варианта утилизации газа: производство электроэнергии и подача "сырого" метана потребителю. Одновременно проводилась классификация существующих российских свалок. Несколько сотен из них пригодны для производства биогаза.

2.3 Масштабы мировой экстракции СГ

В заметных объёмах биогаз добывается и утилизируется в ряде развитых западных стран. К их числу относятся США, Германия, Великобритания, Нидерланды, Франция, Италия, Дания. Объёмы годовой газодобычи представлены в таблице 1, из которой следует, что глобальная утилизация СГ составляет примерно 1,2 млрд. куб.м. в год, что эквивалентно 429 тыс. тонн метана или 1% его глобальной эмиссии.

Таким образом, объём извлекаемого газа ничтожен по сравнению с объёмом его образования. Это открывает широкие возможности для извлечения и развития биогазопотребления в целом.

Страна	США	Германия	Великобритания	Нидерланды	Франция	Италия	Дания	Итого:
Объём добычи СГ, млн.куб.м/год	500	400	200	50	40	35	5	1230

2.4 Перспективы добычи и утилизации СГ в России

Для оценки перспектив тиражирования технологии в России проводили специальные технико-экономические расчёты возможных типовых объектов подобыче и утилизации СГ. В качестве исходных данных использовали результаты пилотных проектов, выполненных фирмой "Геополис" в Московском регионе. Рассматривали два варианта технологических схем утилизации газа. Первая включала - производство электроэнергии, вторая - подачу сырого СГ потребителю. Полученные результаты расчетов позволяют констатировать, что:

- * объекты по производству электроэнергии требуют больших инвестиций и являются более прибыльными по абсолютным показателям;
- * ростом массы свалочного тела фактически пропорционально растут все технико-экономические показатели объектов;
- * все рассмотренные варианты экономически эффективны.

Для оценки потенциала российской отрасли индустрии по добыче и утилизации СГ проводили предварительную классификацию существующих российских свалок (Рис. 1). На её основании можно сделать вывод о наличии по крайней мере нескольких сотен объектов, пригодных для осуществления экономически жизнеспособных СГ проектов. Таким образом, имеющийся потенциал огромен.

2.5 Пилотный проект по экстракции и утилизации СГ на полигонах Московской области (МО)

Проект "Санитарное захоронение с рекуперацией энергии на территории Московской области" был начат в январе 1994 года и продолжался в течение двух с половиной лет.

Одной из целей проекта являлась демонстрация в России возможностей биогазовой технологии - одного из элементов санитарного захоронения отходов на полигонах ТБО широко используемого в мировой практике.

Биогаз - это конечный продукт микробиологического разложения определенных фракций отходов, захороненных на полигоне. К ним относятся: растительные и животные остатки, бумага и древесина. Скорости, с которой эти материалы подвергаются биоинверсии существенно различны и зависят не только от вида отходов, но и от физико-химических условий в свалочном теле (влажности, температуры, рН и т.д.).

Биогаз горюч, он состоит на 50 - 60% из метана и на 40 - 50% из двуокиси углерода, его теплота сгорания примерно в два раза ниже, чем у природного газа и составляет около (4500 - 5000 Ккал/м³) 18800...20900 кДж/м³.

Количество биогаза, которое можно собрать и утилизировать на полигоне ТБО прямо пропорционально массе свалочного тела.

В качестве объектов для демонстрации возможностей биогазовой технологии были выбраны два типичных полигона Московской области (МО): полигон "Дашковка" в Серпуховском районе МО и полигон "Каргашино" в Мытищинском районе МО.

На них был проведен комплекс подготовительных работ, включавший: полевые газогеохимические исследования с целью определения продуктивности свалочной толщи; разведочное бурение с целью определения мощности свалочного тела и его параметризации; топографическая съемка масштаба 1:500.

В результате были оценены биогазовые потенциалы исследованных объектов, определены скорости образования биогаза, а также и возможные объёмы газодобычи. На основании полученных данных последний параметр был рассчитан для типичного полигона МО (площадь 5-7га; средняя мощность отходов 10-12 м. Обычно на полигоне МО в период эксплуатации образуется до 600 - 800 м³ биогаза в час, при этом порядка 50% этого объёма может быть использовано в качестве альтернативного источника энергии.

На пилотных полигонах ТБО МО был выбран вариант утилизации биогаза в форме производства электроэнергии. Для этого на их территориях были построены системы газодобычи, включающие скважины и газопроводы и компрессорные станции, обеспечивающие подачу газа к мотор-генераторам, находящимся в непосредственной близости от полигонов ТБО. В проекте было использовано компрессорное оборудование и установки по производству электроэнергии, поставленные голландской фирмой «Гронтмай» в рамках технической помощи Администрации МО.

В 1995 г. началась эксплуатация первой биогазовой установки, позволившая собрать детальную информацию о площади сбора биогаза единичной скважиной, об эффективности перекрытия ТБО грунтовым экраном, о режимах добычи биогаза в различных погодных условиях.

В настоящее время обе установки (Серпухов, Мытищи) функционируют в опытно-промышленном режиме, вырабатывая по 80 кВт/ч электроэнергии каждая. Их опыт эксплуатации показал, что **в российских условиях из 1 м³ биогаза может быть произведено 1,3-1,5 кВт электроэнергии.** Это означает, что при полном использовании запасов биогаза на полигонах, может быть произведено от 260 до 300 кВт электроэнергии в час, что соответствует производству около 2500 МВт электроэнергии в год.

При существующих в настоящее время ценах на электроэнергию потенциальный доход от эксплуатации одной биогазовой установки на типичном полигоне МО может составить около 1,2 млрд. руб. Однако, современная финансовая ситуация и практика монопольного распределения электроэнергии заставляют сомневаться в возможности отыскания платежеспособного потребителя на указанные объёмы электричества. Поэтому в сложившихся условиях целесообразно использовать произведенную электроэнергию частично для собственных нужд предприятия эксплуатирующего полигон ТБО, а частично для производства энергоёмкой продукции хозспособом (например, производства рассады цветов или овощей в теплицах), что даёт возможность снизить её себестоимость и сделать конкурентоспособной в условиях рынка.

Полученный в ходе выполнения данного Проекта опыт может быть использован при дальнейшем внедрении и тиражировании данной технологии на существующих и будущих полигонах в России.

3 Заключение

В связи с изменением промышленного производства, изменения уровня жизни

населения, увеличения услуг рынка значительно изменился качественный и количественный состав отходов. Утилизация одних - решённая или решаемая задача, другие еще ждут своего часа. Запасы некоторых малоликвидных отходов, даже при современном спаде производства в России, продолжают накапливаться, ухудшая экологическую ситуацию городов, районов. Введение в 1994 году «Временных правил по охране окружающей среды от отходов производства и потребления в Российской Федерации» позволило наработать в вопросах образования и утилизации отходов некоторый опыт.

Решение проблемы переработки ТП и БО приобретает за последние годы первостепенное значение. Кроме того, в связи с грядущим постепенным истощением природных источников сырья (нефти, каменного угля, руд для цветных и черных металлов) для всех отраслей народного хозяйства приобретает особую значимость полное использование всех видов промышленных и бытовых отходов. Сложность решения всех этих проблем утилизации твёрдых промышленных и бытовых отходов (ТП и БО) объясняется отсутствием их чёткой научно-обоснованной классификации, необходимостью применения сложного капиталоемкого оборудования и отсутствием экономической обоснованности каждого конкретного решения.

4 Список использованных источников к разделу 1

1. Делягин Г.М., Лебедев В.И., Пермяков Б.А. Теплогенерирующие установки. Учебник для ВУЗов.- М.:Стройиздат, 1987-559 с: *ил.*
2. А.А. Дрейер, А.Н. Сачков, К.С. Никольский, Ю.И. Маринин, А.В. Миронов. "Твёрдые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка".-М.: 1997.
3. В. Ульянов. О существующих методах обезвреживания твёрдых бытовых отходов // Экологический бюллетень "Чистая земля". Владимир, Спец. выпуск, №1, 1997.
4. М.И. Мягков, Г.И. Алексеев, В.А. Олышанецкий. Твёрдые бытовые отходы. - Л:Стройиздат, 1978.
- 5.Официальные сайты Социально-экологического союза (СоЭС):
 - 5.1 www.cci.glassnet.ru
 - 5.2 www.ecoline.ru
 - 5.3 www.seu.ru
 - 5.4 www.forest.ru
6. Гурвич В.И., Лифшиц А.Б. "Добыча и утилизация свалочного газа (СГ) -самостоятельная отрасль мировой индустрии"
7. Лопатина В. И. - председатель Пушкинского комитета охраны окружающей среды."Проблемы сбора и утилизации отходов в Пушкинском районе Московской области".

4.1 Дополнительный список источников к разделу 1

1. Федеральный закон «Об энергосбережении»/ 3 апреля 1996 года/№ 28-ФЗ
2. Кириллов Н.Г. Сжиженный природный газ – универсальный энергоноситель XXI века: новые технологии производства.//Индустрия, №3 (29), 2002.
3. Колычев Л.М. Полигоны: управление процессами [текст] / Л.М. Колычев // ТБО.- 2008.- № 1
4. Лебедев В.Н. Киотский протокол и ТБО [текст] / В.Н. Лебедев // ТБО.- 2007.- №10
5. Масликов В.И. Переработка отходов в пар и электроэнергию [текст] / В.И. Масликов // ТБО.- 2007.- № 7.

6. Ножевникова А.Н. Круговорот метана в экосистемах//Природа. - 1995. - №6.
7. Сафаров А.Х. Микроорганизмы и окружающая среда. Сафаров А.Х. Ягафарова Г.Г., Учебное пособие.- Уфа: Издательство УГНТУ, 2005.
8. Твёрдые бытовые отходы (сбор, транспорт, обезвреживание). Справочник. Систер В. Г., Мирный А. Н., Скворцов Л. С. и др. - М., 2001.
9. Geadedien A. The Global Concept of Landfill Gas Exploitation. - Brussels: ECSC-EEC- EAEC.
10. Gendebien A. and others. Landfill gas. - Comission of the Europea Communities. - Brussels, 1998.
11. Willumsen H.C. Decentralteed Energy Production from Landfill Gas Plant//Biomass for Energy and the Environment: Proc. of the 9th Europ. Bioenergy Conf., Copenhagen, 24-27 June, 1996. -Pergamon, 1996.

5 Приложение А.(справочное)

П.А. Математические и инструментальные методы исследования процессов образования СГ на полигонах ТБО [9]

Разработанный метод математического моделирования процессов, протекающих в толще полигона, позволил теоретически определить метановый потенциал полигона на каждом этапе его жизненного цикла. Метановый потенциал - это количество метана, выделяемое единицей массы отходов данного морфологического состава.

Для прогнозирования эмиссий метана с полигонов ТБО в качестве необходимых для расчёта исходных данных принимают следующие параметры: *морфологический и химический состав биоразлагаемой части ТБО; *Зольность отходов A , (доля единицы); *влажность, W , (доля единицы); *коэффициент биоразложения отходов на стадии полного метаногенеза V_f (зависит от морфологического состава биоразлагаемой части ТБО).

Полный потенциал генерации метана L_0 (м³ /т сухих отходов) определяется по формуле:

$$L_0 = \sum (L_{oi} \cdot x_i), \quad (\text{П.А.1})$$

где X_i - доли биоразлагаемых фракций; L_{0j} - метановый потенциал (м³ /т сухих отходов) для каждой фракции отходов с учётом коэффициента биоразложения B_f и зольности A , определяется по формуле:

$$L_{0i} = 11088 \cdot n_c / \mu_i \cdot (1 - A) \cdot B_f, \quad (\text{П.А.2})$$

где n_c - число киломолей углерода, содержащееся в 1 тонне фракции; μ_i - молярная масса фракции (кг/кмоль).

Количество метана Q (м³), выделившееся за время τ , определяется следующим образом:

$$\frac{dQ}{d\tau} = (L_0 \cdot M_c - Q) \cdot k \quad (\text{П.А.3})$$

Здесь: L_0 - полный потенциал генерации метана (м³ /т); $k = 1/\tau$ - константа скорости разложения; M_c - масса сухих отходов, определяется по формуле:

$$M_c = (1 - W) \cdot M_{вл}, \quad (\text{П.А.4})$$

$M_{вл}$ - масса влажных отходов (т).

Выполнив соответствующие математические действия, выведены формулы для определения объёма выделившегося метана и скорости его образования. Заложенные теоретические основы явились базой для экспериментальных исследований в лабораторных условиях. **Морфологический состав отходов загружаемых в биореактор представлен в табл.П.А.1.** Эксперименты проводились в течение 30 суток. Образующаяся в процессе биоразложения газовая фаза содержит (в мг/м³): метан - 6,74; аммиак - 9,0; сероводород - 0,0245; фенол - 0,035; меркаптан - 0,067. Расчётные и экспериментальные значения объёмов выделившегося газа представлены на рис.2.

Регрессионный анализ полученных результатов показал совпадение расчётных и эмпирических данных с коэффициентом корреляции $r = 0,996$.

Таблица П.А.1.Расчёт метанового потенциала

Наименование отходов	Содержимое компонентов в смеси отходов, %	Метановый потенциал, л/кг
Пищевые	17,2	0,062
Бумага	53,0	0,1279
Садово-парковые	27,8	0,0889

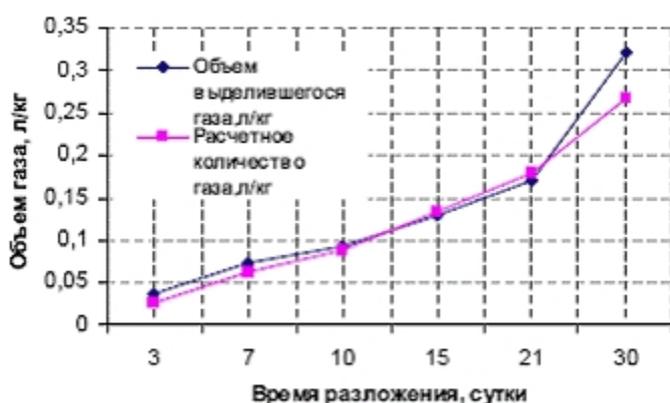


Рис 2.Динамика образования метана в лабораторных условиях

Таким образом, достоверность предлагаемой методики оценки газоносной способности полигонов подтверждается проведенными экспериментальными исследованиями. Расчёт ведётся по массе складированных отходов, что позволяет пренебречь изменениями плотности отходов при укладке и в процессе разложения. Учитывается также сгоревшая часть отходов, что повышает точность прогноза.

Модель достаточно проста. Она может использоваться для решения различного типа инженерно-экологических задач в различных ландшафтных условиях захоронения ТБО и на любом этапе его жизненного цикла.

Приложение Б (справочное)

Биогаз, получаемый на полигонах ТБО

E-mail: biogas@zorg-biogas.com [5]

Процесс неуправляемого газообразования на полигонах бытовых и других отходов, содержащих большую долю органических компонентов, можно рассматривать как процесс получения метансодержащего газа в аккумулятивной системе, длительность процесса до полного разложения органической части здесь гораздо больше, чем в метатенках.

В отечественной практике системы утилизации биогаза на полигонах ТБО пока не получили широкого распространения, поэтому при дальнейшем рассмотрении конструктивных особенностей систем сбора и транспорта биогаза будет учитываться зарубежный опыт. Принципиальная схема одной из таких систем на полигоне ТБО представлена на рис. 2. Система состоит из двух основных частей: газосборной сети, находящейся под разрежением, и распределительной сети потребителей биогаза, находящейся под избыточным низким или (реже) средним давлением.

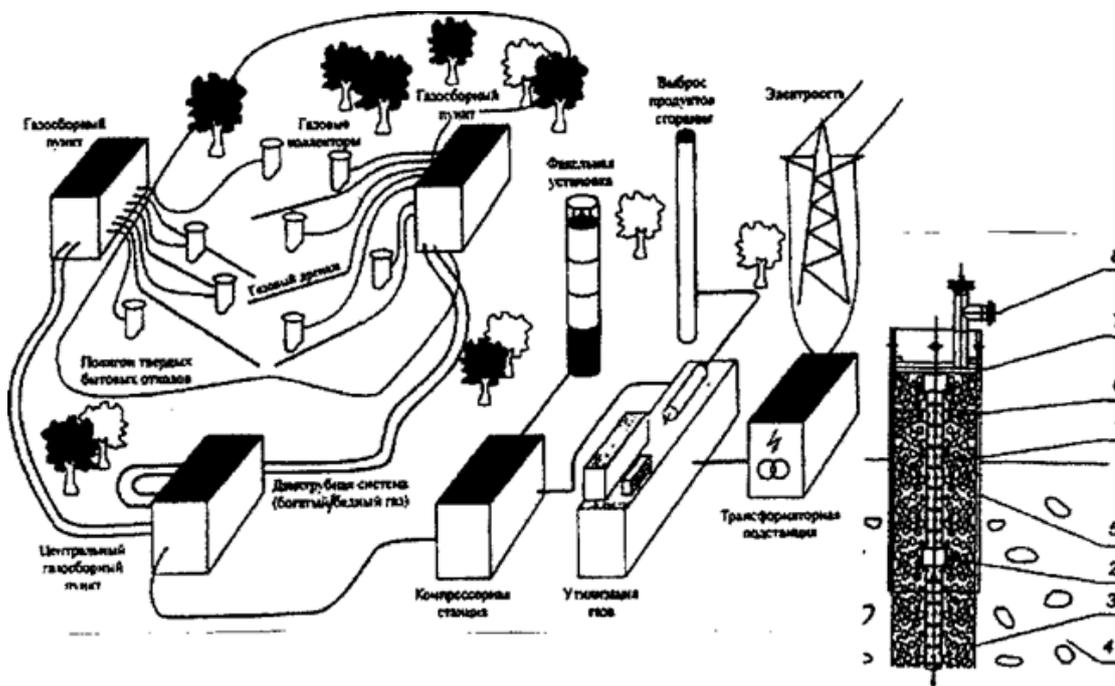


Рис. 2. Устройство системы дегазации на полигонах ТБО.

Рис.3. Схематичное представление обсадной трубы

1 - трубопровод для отвода газа; 2 - соединительная муфта; 3 - засыпка из щебня; 4 - тело захоронения; 5 - обсадная труба; 6 - направляющий элемент, 7- газонепроницаемая крышка; 8 - штуцер для отбора газа

Ниже приводятся определения важнейших элементов системы сбора газа на

полигоне, представленные на рис. 2, и требования к отдельным элементам системы.

* **Газовые коллекторы** - это трубопроводы, проложенные в толще отходов, в которых создается разрежение. Как правило, они выполняются либо вертикально в виде газовых скважин, либо горизонтально в виде перфорированных трубопроводов, однако на практике применяются и другие формы (резервуары, гравийные или щебеночные камеры и др.).

* **Под сборными газопроводами** понимаются газопроводы, находящиеся под разрежением и ведущие к части сборных коллекторов. Для компенсации просадок они имеют гибкое присоединение к газовому коллектору, в узле присоединения располагаются контрольно-измерительные приборы (для измерения давления) и штуцеры для отбора проб газа.

* **В газосборном пункте объединяются сборные газопроводы. Газосборный пункт может** быть выполнен в виде трубы, резервуара и т. п. и размещается в низшей точке с целью обеспечения сбора и отвода выпадающего конденсата. В газосборном пункте размещаются контрольно-измерительные приборы и устройства автоматики. Для обеспечения достаточного сбора газа на полигонах выдвигаются следующие требования: создание эффективного разрежения в толще захоронения; минимизация подсосов воздуха; обеспечение долговременной работоспособности системы при механических и статических нагрузках; обеспечение возможности сбора газа при длительной эксплуатации полигона или свалки; увязка производительности системы дегазации с интенсивностью образования газа; возможность расширения системы. Поэтому для сбора биогаза используются трубопроводные системы большой емкости со свободным доступом к ним и по возможности кратчайшей длины.

* **Расположение коллекторов для сбора газа может быть горизонтальным, вертикальным или комбинированным,** трубопроводы должны сохранять устойчивость и прочность на протяжении всего срока эксплуатации полигона. На вновь создаваемых полигонах или новых участках полигонов можно с наращиванием высоты отходов откачивать газ снизу или монтировать систему сбора газа с горизонтальными или слегка наклонными газопроводами, которая по мере заполнения полигона дополняется газовыми скважинами. На существующих участках полигонов, как правило, практикуется бурение скважин.

* **В газовых скважинах вертикальных систем** вследствие нагрузки сверху и давления сбоку возникают существенные механические напряжения, которые усиливаются при возникающих просадках за счет «отрицательного поверхностного трения». Для компенсации просадок скважины при глубине от 10 м необходимо выполнять телескопическими. **Требования к материалу скважин обусловлены наличием в теле полигона фильтрата, в котором растворены, наряду с другими веществами, сероводород и органические кислоты.** Наличие фильтрата создает коррозионную опасность и вызывает дополнительные напряжения за счет коррозионного растрескивания. По

названным причинам при сооружении скважин используются коррозионно-стойкие синтетические материалы, рассчитанные на давление до 1 МПа.

* Во избежание расходов на бурение при эксплуатации полигона **газовые скважины** можно сооружать в процессе заполнения полигона. Технологию проведения работ можно коротко описать так: **обсадная труба из стали или синтетических материалов, поэтапно возводится одновременно с засыпкой отходов таким образом**, чтобы на глубине не менее 2 м (при общей длине около 5 м) она оставалась бы в толще отходов, затем вносится следующий.

* **Нагнетательные устройства** (вентилятор, воздуходувка и т. п.) служат для создания разрежения, необходимого для транспорта газа из тела захоронения или для создания избыточного давления при транспортировании газа к месту использования (к факельной установке, к системе утилизации и т. п.).

* **Компрессорная установка** служит для повышения избыточного давления газа.

* **В машинном отделении** размещаются нагнетательные устройства. **Традиционными конструкциями являются контейнеры, металлические кожухи или небольшие строения** (гаражи, блочные конструкции и т. д.). На крупных установках газонагнетательные устройства располагаются в машинном зале, иногда они могут размещаться на открытых площадках под навесом.

* **В машинном зале или газосборном пункте размещаются установки для очистки или утилизации газа, а также пульт управления и другие устройства.**

* **Факельная газовая установка** - это устройство, необходимое для полного сжигания газа при отсутствии газопотребления, включая устройства автоматики безопасности и регулирования.

Основные требования к Полигону ТБО:

Полигон для складирования и хранения ТБО ни в коем случае не должен заливаться паводковыми водами. Полигон должен быть окружен солидными лесными массивами и направление преобладающей розы ветров должно быть таким, чтобы воздух с поверхности полигона не мог попасть на близлежащие населенные пункты. Складирование и хранение ТБО должно производиться на подготовленное водонепроницаемое основание. ТБО должны складироваться и распределяться по участку сравнительно тонким слоем и этот слой должен быть уплотнен так, чтобы не было разноса мелких и легких частиц. Недопустимо попадание грунтовых вод на основание полигона ДПО. Высота слоя закладки ТБО не должна превышать 2 м. Уплотненные ТБО должны покрываться промежуточным слоем, который бы препятствовал уносу ветром мелких и легких фракций ТБО. ТБО должны складироваться, храниться и перемещаться на заранее спланированные участки (карты) по мере сепарации их и переработки. Засыпка ТБО (с учетом расположения карт) и наличие запаса материала для покрывающего слоя. Недопущение сжигания ТБО на территории полигона. Орошение карт с хранимыми ТБО в периоды повышенной пожароопасности в засушливый летний период. Не допускается совместное складирование и хранение ТБО с даже единичными трупами животных, а также токсичных, взрывоопасных промышленных отходов. За правильной

эксплуатацией полигонов ТБО осуществляется постоянный контроль соответствующими санитарными эпидемиологическими центрами и комитетами по охране природы. Вследствие различных химических реакций, а также микробиологической деятельности температура в различных местах тела свалки может колебаться от 50 до 100 градусов, вызывая самопроизвольное возгорание и поставляя в окружающую среду тысячекратные ПДК полиароматических углеводородов (ПАУ) - химических канцерогенов, занимающих ведущее место в возникновении раковых заболеваний. При воздействии света на водные растворы ароматики (при испарении после осадков, а также при горении органики) в обилии образуются соединения класса диоксинов. Диоксин - это самый сильный из известных в природе яд, мутаген, канцероген, тератоген, крайне устойчивый во внешней среде. Эмиссии свалочных газов (СГ), поступающие в природную среду, формируют негативные эффекты как локального, так и глобального характера. Неприятным побочным эффектом свалки для близлежащих домов могут быть нашествия крыс и тараканов, особенно устойчивых к химическим препаратам.

Таблица 2. Химический состав биогаза

Вещество	Химическая формула	Содержание, %
Метан	CH_4	40–75
Углекислый газ	CO_2	25–55
Водяной пар	H_2O	0–10
Азот	N_2	<5
Кислород	O_2	<2
Водород	H_2	<1
Сероводород	H_2S	<1
Аммиак	NH_3	<1

Биогаз как правило используется в когенерационных установках на базе газопоршневого двигателя для выработки тепловой и электрической энергии.

7.2. Требования к свойствам биогаза

Свойства биогаза являются одним из главных параметров, которые влияют на пригодность его использования в качестве топлива для двигателя когенерационной установки.

При его оценке следует знать следующие свойства:

- Содержание метана CH_4 (нормальное содержание 55-65%. Минимальной считается 50- процентная концентрация).
- Давление биогаза (давление газа при сжигании в когенерационной установке находится в пределах от 1,5 до 10 кПа).
- Постоянство качества газа (компонентный состав и давление биогаза; оказывает влияние на стабильность работы и количество выпускаемых эмиссий)

7 Приложение В (справочное)

Схема 1. Классификация отходов по агрегатному состоянию

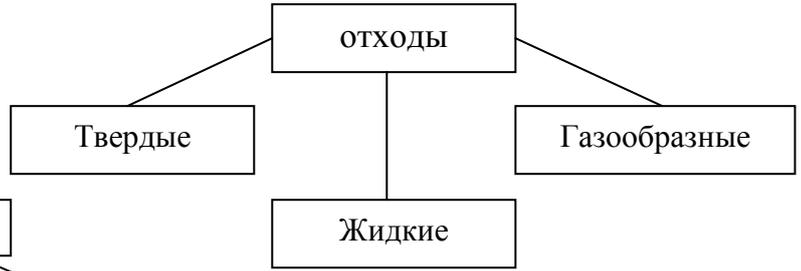


Схема 2. Основные виды отходов

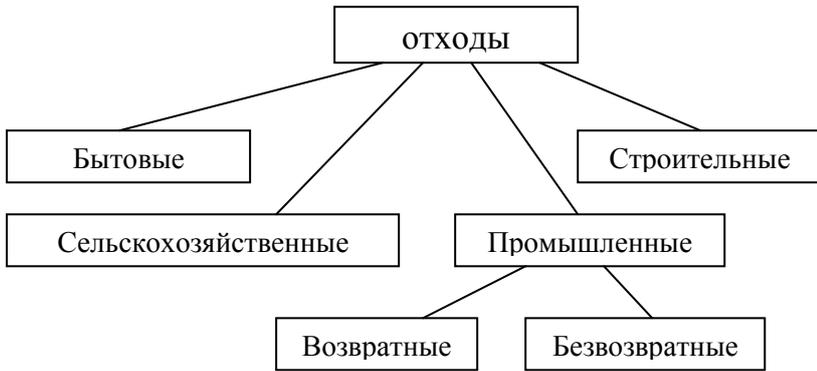


Таблица 1. П.В.

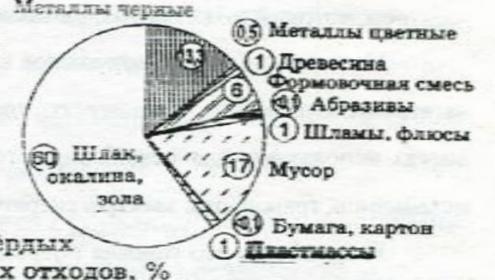
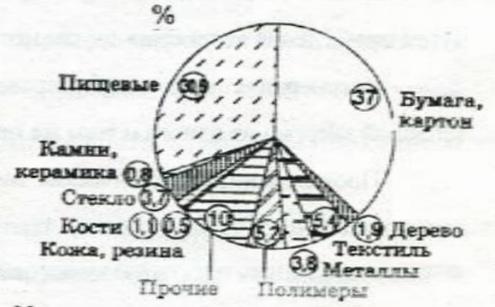
Потребление ресурсов и образование отходов (на одного жителя в день)

Ресурсы	Количество, кг	Выбросы в окружающую среду	Количество, кг
Вода	625	Сточные воды	500
Пища	2	Твердые отходы	2
Уголь	4	Газовые выбросы	0,8
Нефть	3,8		
Газ	2,7		



Рис. 5. Схема современного захоронения отходов с системой защиты окружающей среды

Состав твердых бытовых отходов, %



Состав твердых производственных отходов, %

- Содержание вредных веществ (прежде всего соединения серы, фтора и хлора) (эти соединения могут вызвать коррозию компонентов всасывающего тракта и внутренних частей двигателя, соприкасающихся со смазочным маслом. При более высоком содержании серы является целесообразным установить сероочиститель).

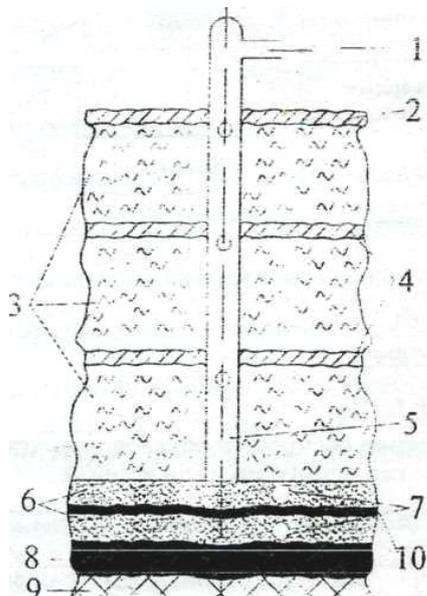


Рис. 5. Схема сбора биогаза на полигоне ТБО:
 1-отвод биогаза; 2-верхний уплотняющий слой; 3-слой ТБО;4-уплотняющий слой;
 5 - перфорированные трубы для сбора биогаза;
 6-слой песка;7-дренажные трубы; 8- слой глины;
 9-грунт; 10 - полиэтиленовая мембрана

7.3. Основы когенерации

Обычный (традиционный) способ получения электричества и теплоты заключается в их раздельной генерации (электростанция и котельная). При этом значительная часть энергии первичного топлива не используется. Можно значительно уменьшить общее потребление топлива путем применения когенерации (совместного производства электроэнергии и теплоты).

Когенерация есть комбинированное производство электрической (или механической) и тепловой энергии из одного и того же первичного источника энергии.

Произведенная механическая энергия также может использоваться для поддержания работы вспомогательного оборудования, такого как компрессоры и насосы. Тепловая энергия может использоваться как для отопления, так и для охлаждения. Холод производится абсорбционным модулем, который может функционировать благодаря горячей воде, пару или горячим газам.

Получение биогаза, возможное в установках самых разных масштабов, особенно эффективно на агропромышленных комплексах, где существует возможность полного экологического цикла. Биогаз используют для освещения, отопления, приготовления пищи, для приведения в действие механизмов, транспорта, электрогенераторов.

Подсчитано, что годовая потребность в биогазе для обогрева жилого дома составляет около 45 м^3 на 1 м^2 жилой площади, суточное потребление при подогреве воды для 100 голов крупного рогатого скота – $5\text{-}6 \text{ м}^3$. Потребление биогаза при сушке сена (1 т) влажностью 40% равно 100 м^3 , 1 т зерна – 15 м^3 , для получения 1 кВт*ч электроэнергии – $0,7\text{-}0,8 \text{ м}^3$.

Раздел 2

1. Экологические проблемы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии (НВИЭ)

1.1. Проблема взаимодействий энергетики и экологии. [1]

В комплексе существующих экологических проблем энергетика занимает одно из ведущих мест. **В связи с интенсивным вовлечением возобновляемых источников энергии в практическое использование особое внимание обращается на экологический аспект их воздействия на окружающую среду.**

Использование любого вида энергии и производство электроэнергии сопровождается образованием многих загрязнителей воды и воздуха. Перечень таких загрязнителей удивительно длинен, а их количества чрезвычайно огромны. Вполне естественно возникает вопрос, всегда ли использование энергии и производство электроэнергии должно сопровождаться разрушением окружающей среды. И если правда, что любой вид человеческой деятельности неизбежно оказывает вредное воздействие на природу, то степень этого вреда различна. Мы не можем не влиять на среду, в которой живем, поскольку для поддержания жизненных процессов как таковых необходимо поглощать и использовать энергию.

Человек, безусловно, оказывает влияние на окружающую его среду, однако в природе существуют естественные уравнивающие механизмы, которые поддерживают среду и обитающие в ней сообщества в состоянии равновесия, когда все изменения происходят достаточно медленно. Тем не менее во многих случаях хозяйственная деятельность человека нарушает равновесие, создаваемое этими механизмами, что приводит к быстрым изменениям условий окружающей среды, с которыми ни человек, ни природа не могут успешно справиться. Традиционное производство энергии, дающее огромные количества загрязнителей воды и воздуха, - один из видов такой деятельности человека.

Существует мнение, что выработка электроэнергии за счет возобновляемых источников представляет собой абсолютно экологически «чистый» вариант. Это не совсем верно, так как **эти источники энергии обладают принципиально иным спектром воздействия на окружающую среду по сравнению с традиционными энергоустановками на органическом топливе и гидравлической энергии**, причём в некоторых случаях воздействия последних представляют даже меньшую опасность. К тому же определенные виды экологического воздействия НВИЭ на окружающую среду не ясны до настоящего времени, особенно во временном аспекте, а потому изучены и разработаны ещё в меньшей степени, чем технические вопросы использования этих источников.

Преобразование энергии нетрадиционных возобновляемых источников в наиболее пригодные формы её использования - электрическую или тепловую – на уровне современных знаний и технологий обходится довольно дорого. Однако во всех случаях их использование приводит к эквивалентному снижению расходов органического топлива и меньшему загрязнению окружающей среды.

Таким образом, актуальной становится задача разработки научно обоснованных методов экономической оценки экологических последствий использования различных видов возобновляющихся источников энергии и новых методов преобразования энергии, которые должны количественно учесть факторы иного, по сравнению с традиционными установками, воздействия на окружающую среду.

1.2 Экологические последствия развития солнечной энергетики

1.2.1 Солнечная энергия. [1,3,4]

Солнечная энергия - это кинетическая энергия излучения (в основном света), образующаяся в результате реакций в недрах Солнца. Поскольку её запасы практически неисчислимы (астрономы подсчитали, что Солнце будет «гореть» еще несколько миллионов лет), её относят к возобновляемым энергоресурсам. В естественных экосистемах лишь небольшая часть солнечной энергии поглощается хлорофиллом, содержащимся в листьях растений, и используется для фотосинтеза, т.е. образования органического вещества из диоксида углерода (углекислого газа) и воды. Таким образом, он улавливается и запасается в виде потенциальной энергии органических веществ. За счёт их разложения удовлетворяются энергетические потребности всех остальных компонентов экосистем.

Однако солнечная энергия падает на всю поверхность Земли, нигде не достигая особой интенсивности. Потому её нужно уловить на сравнительно большой площади, сконцентрировать и превратить в такую форму, которую можно использовать для промышленных, бытовых и транспортных нужд. Кроме того надо уметь запастись солнечную энергию, чтобы поддерживать энергоснабжение и ночью, и в пасмурные дни. Перечисленные трудности и затраты, необходимые для преодоления, привели к мнению о непрактичности этого энергоресурса по крайней мере сегодня. Однако во многих случаях проблема преувеличивается. Главное - использовать солнечную энергию так, чтобы ее стоимость была минимальна (или вообще равнялась нулю). По мере совершенствования технологий и дорожания традиционных энергоресурсов эта энергия будет находить все новые области применения.

Световое излучение можно улавливать непосредственно, когда оно достигает Земли. Это называется прямым использованием солнечной энергии. Кроме того, она обеспечивает круговорот воды, циркуляцию воздуха и накопление органического вещества в биосфере. Значит, обращаясь к этим энергоресурсам, мы по сути дела занимаемся непрямым использованием солнечной энергии.

1.2.2. Центральные солнечные электростанции. [1,2]

Энергетическая башня. Древняя легенда повествует, что Архимед спас свой родной город Сиракузы с помощью солнечной энергии. Приказав тысяче солдат повернуть свои щиты к солнцу и выстроив их в линию в форме параболы, Архимед сфокусировал отраженные солнечные лучи на парусах кораблей вторгшегося флота и сжег их. Это и есть принцип действия энергетической башни: лучи солнца концентрируются в одном пункте соответственно расположенными зеркалами. Эти зеркала (гелиостаты) поворачиваются на протяжении дня, чтобы следовать за солнцем в его небесном пути. Они отражают солнечные лучи и фокусируют их на энергетической башне, где огромная концентрация энергии заставляет воду кипеть и превращаться в пар. Пар по трубам поступает в турбину на Землю, вращает её и вырабатывает электричество.

Учёные считают, что мощные солнечные электростанции по своей экономичности смогут стать в один ряд с современными тепловыми и атомными электростанциями.

Солнечные пруды. Солнечные пруды - ещё более дешёвый способ улавливать солнечную энергию. Искусственный водоём частично заполняется рассолом (очень соленой

водой), поверх которого находится пресная вода. Плотность рассола гораздо выше, поэтому он остается на дне и с верхним слоем почти не смешивается. Солнечные лучи без помех проходят через пресную воду, но поглощаются рассолом, превращаясь при этом в теплоту. Верхний слой действует как изоляция, не позволяя нижнему остывать. Иными словами, в солнечных прудах используется тот же принцип, что и в парниках, только земля и стекло заменены соответственно рассолом и пресной водой. Горячий раствор соли может циркулировать по трубам, отапливая помещения, или использоваться для выработки электричества; им нагревают жидкости с низкой точкой кипения, которые, испаряясь, приводят в движение турбогенераторы низкого давления. **Поскольку солнечный пруд представляет собой высокоэффективный теплоаккумулятор, с его помощью можно получать энергию непрерывно.**

К недостаткам всех перечисленных установок преобразования солнечной энергии относится то, что для них нужны большие площади, причём относительно недалеко (в пределах 80 км) от потребителя. Иначе потери при передаче электроэнергии будут недопустимо высоки. Правда, со временем могут появиться сверхпроводящие линии электропередач, которые решат проблему, однако в ближайшем будущем строительство энергобашен и солнечных прудов ограничивается недостатком вблизи крупных городов достаточно обширных свободных территорий. С другой стороны, **солнечные батареи можно размещать на крышах зданий.** Использование солнечной энергии может быть полезно в нескольких отношениях. **Во-первых, при замене ею ископаемого топлива уменьшается загрязнение воздуха и воды. Во-вторых, замена ископаемого топлива означает сокращение импорта топлива, особенно нефти. В-третьих, заменяя атомное топливо, мы снижаем угрозу распространения атомного оружия.** Наконец, солнечные источники могут обеспечить нам некоторую защиту, уменьшая нашу зависимость от бесперебойного снабжения топливом.

1.2.3 Солнечные электростанции являются достаточно землеёмкими. [1...4]

Удельная землеёмкость СЭС изменяется от 0,001 до 0,006 га/кВт с наиболее вероятными значениями 0,003-0,004 га/кВт. Это меньше, чем для ГЭС, но больше чем для ТЭС и АЭС. При этом надо учесть, что солнечные станции весьма материалоемки (металл, стекло, бетон и т.д.), к тому же в приведенных значениях землеёмкости не учитываются изъятие земли на стадиях добычи и обработки сырья. **В случае создания**

СЭС с солнечными прудами удельная землеёмкость повысится и УВЕЛИЧИТСЯ опасность загрязнения подземных вод рассолами.

Солнечные концентраторы вызывают большие по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т.д.

Неблагоприятные воздействия солнечной энергии на окружающую среду могут проявляться:

- 1) в отчуждении земельных площадей, их возможной деградации;**
- 2) в большой материалоёмкости;**
- 3) в возможности утечки рабочих жидкостей, содержащих хлораты и нитриты;**
- 4) в опасности перегрева и возгорания систем, заражения продуктов токсичными веществами при использовании солнечных систем в сельском хозяйстве;**
- 5) в изменении теплового баланса, влажности, направления ветра в районе расположения станции;**
- 6) в затемнении больших территорий солнечными концентраторами, возможной деградации земель;**
- 7) в воздействии на климат космических СЭС;**
- 8) в создании помех телевизионной и радиосвязи;**
- 9) в передаче энергии на Землю в виде микроволнового излучения, опасного для жизни организмов и человека.**

1.3 Гидроэнергия [1,4]

Поскольку солнечное излучение - движущая сила круговорота воды в природе, энергия воды, или гидроэнергия, также относится к преобразованной энергии Солнца. Вода, которую ещё в древности использовали для совершения механической работы, до сих пор остается хорошим источником энергии - теперь уже электрической - для нашей промышленной цивилизации. Энергия падающей воды, вращающей водяное колесо, служила

непосредственно для размола зерна, распиливания древесины и производства тканей. Однако мельницы и лесопилки на наших реках стали исчезать, когда в восьмидесятых годах позапрошлого века началось производство электроэнергии у водопадов.

Производство электроэнергии на гидростанциях обычного типа.

Вода из водохранилища поступает вниз через длинный прямой канал, называемый напорным трубопроводом, и направляется на горизонтально вращающиеся лопасти турбины. Вертикальный турбины соединен с блоком генератора. На типичной станции используется много турбинно-генераторных агрегатов. Коэффициент полезного действия нередко составляет около 60-70%, т. е. 60-70% энергии падающей воды преобразуется в электрическую энергию.

Сооружение гидростанций обходится дорого, и они требуют эксплуатационных расходов, но зато работают на бесплатном «топливе», которому не грозит никакая инфляция. Первоисточником энергии служит солнце, испаряющее воду из океанов, озер и рек. Водяной пар конденсируется в виде дождя, выпадающего в возвышенных местностях и стекающего вниз в моря. Гидростанции встают на пути этого стока и перехватывают энергию движущейся воды - энергию, которая иначе была бы израсходована на перенос отложений к морю. **Однако гидроэнергетика не безвредна для окружающей среды. Когда течение реки замедляется, как это обычно и бывает при попадании её вод в водохранилище, взвешенный осадок начинает опускаться на дно. Ниже водохранилища чистая вода, попавшая в реку, гораздо быстрее размывает речные берега, как бы восстанавливая тот объём осадков, который был утрачен в водохранилище. Усиление эрозии берегов ниже по течению от водохранилища - обычное явление.**

Дно водохранилища покрывается осадками, принесенными из регионов, расположенных выше по течению. Этот слой осадков периодически выступает на поверхность или затопляется вновь, когда уровень водохранилища поднимается и падает в результате притока или сброса воды. Постепенно осадков накапливается столько, что если их регулярно не вычерпывать, то они начинают занимать часть полезного объема водохранилища. **Это означает, что водохранилище, сооруженное для хранения запасов воды или контроля за наводнениями, постепенно утрачивает свою эффективность, если не очищать его от накапливающихся твердых осадков.**

Существует и другая, более важная причина: после заполнения водохранилища под водой оказываются ценные земли, которые утрачиваются навсегда. Исчезают также ценные животные и растения, причём это не только сухопутные виды; рыбы, населяющие перегороженную плотиной реку, тоже могут исчезнуть, поскольку плотина преграждает путь к местам нереста.

Существует и иные аспекты, связанные со строительством водохранилищ. В определенные периоды времени в году качество воды в водохранилище и качество воды, выпускаемой из него, может быть на редкость низким. В течение лета и осени нижние слои воды в водохранилище могут стать очень бедными кислородом. Недостаток кислорода обусловлен сочетанием двух процессов. Во-первых, неполным перемешиванием воды в водохранилище в течение лета и ранней осени. Во-вторых, бактериальным разложением отмерших растений в донных слоях водохранилища, что требует большого количества кислорода. Если эта бедная кислородом вода выпускается из водохранилища, то наносится ущерб рыбе и другим водным организмам ниже по течению.

1.4 Энергия ветра[1,2,4]

В поисках альтернативных источников энергии во многих странах немалое влияние уделяют ветроэнергетике. Ветер служил человечеству на протяжении тысячелетий, обеспечивая энергию для парусных судов, для размола зерна и перекачивания воды. В настоящее время главное место занимает выработка электроэнергии. Уже сегодня в Дании ветроэнергетика покрывает около 2% потребностей страны в электроэнергии. В США на нескольких станциях работает около 17 тысяч ветроагрегатов общей мощностью до 1500 МВт. Ветроэнергетические устройства выпускаются не только в США и Дании, но и Великобритании, Канаде, Японии и некоторых других странах.

Для того чтобы строительство ветроэлектростанции оказалось экономически оправданным, необходимо, чтобы среднегодовая скорость ветра в данном районе составляла не менее 6 метров в секунду. В нашей стране ветряки можно строить на побережьях Черного, Балтийского и Каспийского морей, в Нижнем Поволжье или на юге Западной Сибири, в Центральном Черноземном районе. Но самой большой ветропотенциал имеют побережья Северного Ледовитого и Тихого океанов, в том числе Ямал, Таймыр, Камчатка, Чукотка и близлежащие острова. В нынешнюю эпоху высоких

цен на топливо можно думать, что ветродвигатели окажутся конкурентоспособными по стоимости и смогут участвовать в удовлетворении энергетических нужд страны.

1.4.1 Конструкция ветродвигателей.

Ветродвигатель вырабатывает энергию, когда ветер давит на его лопасти. Чем длиннее лопасть, тем больше ветровой энергии она может перехватить. Точно также, чем больше скорость ветра, тем больше его давление на лопасти и тем больше количество перехватываемой энергии.

Выход энергии не находится в линейной зависимости от длины лопасти и от скорости ветра: он растет пропорционально квадрату длины лопасти и кубу скорости ветра.

Обратим внимание на то, что при скорости ветра 33 километра в час удлинение лопасти в 4 раза (с 15 до 60 м) увеличивает выработку энергии в 16 раз. Заметим также, что при длине лопасти 30 м ветер со скоростью 50 километров в час обеспечивает выработку электроэнергии, в 26 раз большую, чем ветер со скоростью 17 километров в час. Именно поэтому инженеры склоняются в пользу крупных ветродвигателей и стремятся перехватить ветер на большой высоте.

Большинство крупных ветродвигателей, сооружаемых сейчас или уже действующих, рассчитано на работу при скоростях ветра 17-58 километров в час. Ветер со скоростью меньше 17 километров в час дает мало полезной энергии, а при скоростях более 58 километров в час возможно повреждение двигателя. Ветродвигатели не следует рассчитывать на перехват штормовых ветров. Чтобы устранить проблему штормовых ветров, лопасти ветродвигателей изгибают так, чтобы они были слегка повернуты в одну сторону для уменьшения напора ветра; благодаря этому полные удары сильных порывов не повреждают пропеллер. Эта старая практика известна как «оперение». Чтобы предотвратить поломку лопастей, применяют также новые материалы, способные противостоять большим нагрузкам.

Другие проблемы в конструкции ветродвигателей обусловлены просто природой системы, необходимой для перехватки энергии ветра. Двигатели обычно устанавливают на высоких башнях, чтобы лопасти были открыты более сильным ветрам, дующим на большой высоте. Ближе к поверхности дома, деревья, небольшие

холмы и т. п. сдерживают и ослабляют ветер. Поэтому **нужны высокие мачты. Однако тяжелое оборудование - пропеллер, коробка передач и генератор - должно размещаться на верхушке мачты, и это требует прочной конструкции.**

Еще одну проблему использования энергии от ветродвигателя создает природа самого ветра. Скорость ветра варьирует в широких пределах - от легкого дуновения до мощных порывов; в связи с этим меняется и число оборотов генератора в секунду. Для устранения этого переменный ток, вырабатываемый при вращении оси, выпрямляют, т. е. преобразуют в постоянный, идущий в одном направлении. При больших размерах ветродвигателя этот постоянный ток поступает в электронный преобразователь, который производит стабильный переменный ток, пригодный для подачи в энергетическую систему. Небольшие ветродвигатели вроде тех, что используют на изолированных фермах или на морских островах, подают выпрямленный ток в большие аккумуляторные батареи вместо преобразователя. **Аккумуляторные батареи совершенно необходимы для запасания электроэнергии на периоды, когда ветер слишком слаб для выработки какой-либо энергии.**

Более трудна проблема регулирования всей системы электростанций. Также как на приливных станциях, здесь бывают периоды, когда генераторы вырабатывают мало энергии или совсем ее не производят. В такое время необходимо где-то увеличить выработку тока обычной электростанцией, чтобы покрыть потребность в нем.

1.4.2 Проблемы окружающей среды. [2,4]

Вызывает ли **ветровая энергетика** загрязнение воздуха? Нет. Требуется ли она воды для охлаждения и не вызывает ли теплового загрязнения? Нет. Потребляет ли она топливо? Нет. Но она **производит шум, требует земельной площади и материалов для конструкций. Она также оказывает визуальное воздействие, но опоры линий дальней электропередачи имеют высоту, близкую к высоте самого ветродвигателя из числа ныне разрабатываемых, а градирни бывают еще выше.**

Имеется еще один вид воздействия ветровой энергетикой. Большие ветродвигатели вращаются со скоростью около 30 оборотов в секунду. Это близко к частоте синхронизации телевидения. Поэтому **крупные ветродвигатели могут мешать приему передач на расстоянии до 1,6 км.** При использовании лопастей из стекловолокна, которые оказались дешевле металлических, расстояние помех уменьшается примерно вдвое. Но так дело

обстоит лишь с большими ветродвигателями, и можно ожидать, что это не будет проблемой для меньших двигателей.

Лопастей ветродвигателей могут убить птиц, но трудно предсказать, в каких масштабах это будет происходить.

Несомненно, какой-то ущерб окружающей среде может наноситься также добычей руды, изготовлением аккумуляторных батарей и гораздо большим количеством проводов и линий передачи, необходимых для сбора электроэнергии от многочисленных её источников. Но в целом, если мы учтем все затраты на охрану среды, они окажутся очень малыми.

1.4.3 Влияние ветроэнергетики на природную среду[4]

Факторы воздействия ветровых электростанций (ВЭС) на природную среду, а также последствия этого влияния и основные мероприятия по снижению и устранению отрицательных проявлений приведены в табл.1. Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Под мощные промышленные ВЭС необходима площадь из расчёта от 5 до 15 МВт/км² в зависимости от розы ветров и местного рельефа района. Для ВЭС мощностью 1000 МВт потребуется площадь от 70 до 200 км². Выделение таких площадей в промышленных регионах сопряжено с большими трудностями, хотя частично эти земли могут использоваться и под хозяйственные нужды.

Проблема использования территории упрощается при размещении ВЭС на акваториях. Например, предложения по созданию мощных ВЭС на мелководных акваториях Финского залива и Ладожского озера не связаны с изъятием больших территорий из хозяйственного пользования. Из отводимой площади акватории для ВЭС непосредственно под сооружения для ВЭУ понадобится лишь около 2%. В Дании дамба, на которой установлен парк ВЭУ, одновременно является пирсом для рыболовных судов. Использование территории, занятой ветровым парком, под другие цели зависит от шумовых эффектов и степени риска при поломках ВЭУ. У больших ВЭУ лопасть при отрыве может быть отброшена на 400-800 м.

Наиболее важный фактор влияния ВЭС на окружающую среду - это акустическое воздействие. В зарубежной практике выполнено достаточно исследований и натурных изменений уровня и частоты шума для различных ВЭУ с

ветроколесами, отличающимися конструкцией, материалами, высотой над землей, и для разных природных условий (скорость и направлении ветра, подстилающая поверхность и т.д.).

Таблица 1. Методы устранения негативного влияния ВЭУ на окружающую среду

Факторы воздействия	Методы устранения
1. Изъятие земельных ресурсов, изменение свойств почвенного слоя	Размещение ВЭУ на неиспользуемых землях; оптимизация размещения – минимизация расхода земли; целенаправленный учет изменений свойств почвенного слоя; компенсационные расчеты с землепользователями.
2. Акустическое воздействие (шумовые эффекты)	Изменение числа оборотов ветроколеса (ВК); изменение форм лопасти ВК; удаление ВЭУ от объектов социальной инфраструктуры; замена материалов лопастей ВК.
3. Влияние на ландшафт и его восприятие	Учёт особенностей ландшафта при размещении ВЭУ; рекреационное использование ВЭУ; изыскание различных форм опорных конструкций, окраски и т. д.
4. Электромагнитное излучение, телевидение и радиосвязь	Сооружение ретрансляторов; замена материалов лопастей ВК; внедрение специальной аппаратуры в конструкцию ВЭУ; удаление от коммуникаций.
5. Влияние на орнитофауну на перелетных трассах и морскую фауну при размещении ВЭС на акваториях	Анализ поражаемости птиц на трассах перелёта и рыб на путях миграции; расчёт вероятности поражения птиц и рыб.
6. Аварийные ситуации, опасность поломки и отлета поврежденных частей ВК	Расчёт вероятности поломок ветроколеса, траектории и дальности отлета; оценка надежности безаварийной работы ВЭУ; зонирование производства вокруг ВЭУ.
7. Факторы, улучшающие экологическую ситуацию	Уменьшение силы ветра; снижение ветровой эрозии почв; уменьшение ветров с акваторий водоёмов и водохранилищ

Шумовые эффекты от ВЭУ имеют разную природу и подразделяются на механические (шум от редукторов, подшипников и генераторов) и аэродинамические воздействия. Последние, в свою очередь, могут быть низкочастотными (менее 16-20 Гц) и высокочастотными (от 20 Гц до нескольких кГц). Они вызваны вращением рабочего колеса и определяются следующими явлениями: образованием разряжения за ротором или ветроколесом с устремлением потоков воздуха в некую точку схода турбулентных потоков; пульсациями подъёмной силы на профиле лопасти; взаимодействием турбулентного пограничного слоя с задней кромкой лопасти.

Удаление ВЭС от населенных пунктов и мест отдыха решает проблему шумового эффекта для людей. Однако шум может повлиять на фауну, в том числе

на морскую фауну в районе экваториальных ВЭС. По зарубежным данным, вероятность поражения птиц ветровыми турбинами оценивается в 10%, если пути миграции проходят через ветровой парк. Размещение ветровых парков повлияет на пути миграции птиц и рыб для экваториальных ВЭС.

Высказываются предположения, что экранирующее действие ВЭС на пути естественных воздушных потоков будет незначительным и его можно не принимать во внимание. Это объясняется тем, что ВЭУ используют небольшой приземный слой перемещающихся воздушных масс (около 100-150 м) и притом не более 50 % их кинетической энергии. Однако мощные ВЭС могут оказать влияние на окружающую среду: например, уменьшить вентиляцию воздуха в районе размещения ветрового парка. Экранирующее действие ветрового парка может оказаться эквивалентным действию возвышенности такой же площади и высотой порядка 100-150 м.

Помехи, вызванные отражением электромагнитных волн лопастями ветровых турбин, могут сказываться на качестве телевизионных и микроволновых радиопередач, а также различных навигационных систем в районе размещения ветрового парка ВЭС на расстоянии нескольких километров. Наиболее радикальный способ уменьшения помех - удаление ветрового парка на соответствующее расстояние от коммуникаций. В ряде случаев помех можно избежать, установив ретрансляторы. Этот вопрос не относится к категории трудноразрешимых, и в каждом случае может быть найдено конкретное решение.

Неблагоприятные факторы ветроэнергетики:

- 1) шумовые воздействия, электро-, радио- и телевизионные помехи;**
- 2) отчуждение земельных площадей;**
- 3) локальные климатические изменения;**
- 4) опасность для мигрирующих птиц и насекомых;**
- 5) ландшафтная несовместимость, непривлекательность, дискомфортность, визуальное невосприятие;**
- 6) изменение традиционных морских перевозок, неблагоприятные воздействия на морских животных.**

1.5 Возможные экологические проявления геотермальной энергетики [1,3]

Основное воздействие на окружающую среду геотермальные электростанции оказывают в период разработки месторождения, строительства паропроводов и здания станций, но оно обычно ограничено районом месторождения.

Неблагоприятные экологические последствия в гидротермальной энергетике:

- 1) утечки в океан аммиака, фреона, хлора и др.;**
- 2) выделение CO₂ из воды;**
- 3) изменение циркуляции вод, появление региональных и биологических аномалий под воздействием гидродинамических и тепловых возмущений;**
- 4) изменение климата.**

Приемный пар или газ добывают бурением скважин глубиной от 300 до 2700 м. Под действием собственного давления пар поднимается к поверхности, где собирается в теплоизолированные трубопроводы и подается к турбинам.

Потенциальными последствиями геотермальных разработок являются оседание почвы и сейсмические эффекты. Оседание возможно всюду, где нижележащие слои перестают поддерживать верхние слои почвы и выражается в снижении дебитов термальных источников и гейзеров и даже полном их исчезновении.

Высокая сейсмическая активность является одним из признаков близости геотермальных месторождений, и этот признак используется при поисках ресурсов. Однако интенсивность землетрясений в зоне термальных явлений, вызванных вулканической деятельностью, обычно значительно меньше интенсивности землетрясений, вызванных крупными смещениями земной коры по разломам. Поэтому нет оснований считать, что разработка геотермальных ресурсов увеличивает сейсмическую активность.

На ГеоТЭС не происходит сжигания топлива, поэтому объём отравляющих газов, выбрасываемых в атмосферу, значительно меньше, чем на ТЭС, и они имеют другой химический состав по сравнению с газообразными отходами станций на органическом топливе. Пар, добываемый из геотермальных скважин, в основном является водяным. Газовые примеси на 80 % состоят из диоксида (двуокиси)

углерода и содержат небольшую долю метана, водорода, азота, аммиака и сероводорода. Наиболее вредным является сероводород (0,0225 %). В геотермальных водах содержатся в растворённом виде такие газы, как: SO_2 , N_2 , NH_3 , H_2S , CH_4 , H_2 .

Потребность ГеоТЭС в охлаждающей воде (на 1 кВт*ч электроэнергии) в 4-5 раз выше, чем ТЭС, из-за более низкого КПД. Сброс отработанной воды и конденсата для охлаждения в водоёмы может вызвать их тепловое загрязнение, а также повышение концентрации солей, в том числе хлористого натрия, аммиака, кремнезема, и таких элементов, как бор, мышьяк, ртуть, рубидий, цезий, калий, фтор, натрий, бром, йод, хотя и в небольших количествах. С ростом глубин скважин возможно увеличение этих поступлений.

Одно из неблагоприятных проявлений ГеоТЭС - загрязнение поверхностных и грунтовых вод в случае выброса растворов высокой концентрации при бурении скважин. Сброс отработанных термальных вод может вызвать заболачивание отдельных участков почвы в условиях влажного климата, а в засушливых районах - засоление. Опасен прорыв трубопроводов, в результате которого на землю могут поступить большие количества рассолов.

ГеоТЭС имея КПД в 2-3 раза меньше, чем АЭС и ТЭС, дают в 2-3 раза больше тепловых выбросов в атмосферу. В качестве простого пути сокращения воздействий на окружающую среду следует рекомендовать создание круговой циркуляции теплоносителя на ГеоТЭС по системе «скважина - теплосъёмные агрегаты - скважина - пласт». Это позволит избежать поступления термальных вод на поверхность земли, в грунтовые воды и поверхностные водоёмы, обеспечить сохранение пластового давления, исключить оседание грунта и любую возможность сейсмических проявлений.

Неблагоприятные экологические воздействия геотермальной энергетики на экологию:

- 1) отчуждение земель;**
- 2) изменение уровня грунтовых вод, оседание почвы, заболачивание;**
- 3) подвижки земной коры, повышение сейсмической активности;**
- 4) выбросы газов (метан, водород, азот, аммиак, сероводород);**

- 5) выброс тепла в атмосферу или в поверхностные воды;
- 6) сброс отравленных вод и конденсата, загрязненных в небольших количествах аммиаком, ртутью, кремнеземом;
- 7) загрязнение подземных вод и водоносных слоев, засоление почв;
- 8) выбросы больших количеств рассолов при разрыве трубопроводов.

1.6 Экологические последствия использования энергии океана[1,4]

При преобразовании любых видов океанической энергии неминуемы определенные изменения естественного состояния затрагиваемых экосистем.

К отрицательным последствиям работы установок, использующих термальную энергию океана, можно отнести возможные утечки в океан аммиака, пропана или фреона, а также веществ, применяемых для промывки теплообменников (хлор и др.). Возможно значительное выделение диоксида углерода (углекислого газа) из поднимаемых на поверхность холодных глубинных вод из-за снижения в них парциального давления CO_2 и повышения температуры. Выделение CO_2 из воды при работе океанических ТЭС предположительно на 30% больше, чем при работе обычных ТЭС той же мощности, использующих органическое топливо. Охлаждение вод океана вызывает увеличение содержания питательных веществ в поверхностном слое и значительный рост фитопланктона. При подъеме к поверхности глубинные микроорганизмы будут загрязнять океан и придется применять специальные меры для его очистки.

1.6.1 Энергия приливов.

В приливах и отливах, сменяющих друг друга дважды в день, также заключена огромная энергия.

Приливы - это результат гравитационного притяжения больших масс воды океанов со стороны Луны и, в меньшей степени, Солнца. При вращении Земли часть воды океана поднимается и некоторое время удерживается в этом положении гравитационным притяжением. Когда «горб» подъёма воды достигает суши, как это должно происходить вследствие вращения Земли, наступает прилив. Дальнейшее вращение Земли ослабляет воздействие Луны на эту часть океана, и

прилив спадает. Приливы и отливы повторяются дважды в сутки, хотя их точное время изменяется в зависимости от сезона и положения Луны.

Средняя высота прилива составляет всего лишь 0,5 м, за исключением тех случаев, когда водные массы перемещаются в относительно узких пределах. В таких случаях возникает волна, высота которой может в 10-20 раз превышать нормальную высоту приливного подъёма. Каждый год наиболее высокие приливы случаются тогда, когда Луна и Солнце находятся почти на одной линии, так что суммарное гравитационное воздействие увеличивает объём перемещаемой океанской воды.

1.6.2 Работа приливной электростанции.

На реке построена плотина для задержки вод высокого прилива. Когда приливные воды отступают, задержанная плотиной вода выпускается в океан через грушевидные турбины под плотиной и вырабатывается электроэнергия. Однако можно вырабатывать электроэнергию, как при отливе, так и при приливе.

Приливная волна задерживается позади плотины в результате открытия ряда донных затворов, что позволяет ей двигаться вверх по реке в направлении истока. Затворы закрывают тогда, когда прилив достигает наивысшего уровня, а затем, по мере отлива, воде, запертой за плотиной, позволяют стекать к морю через турбины. При низком уровне воды, т. е. при отливе, большая часть этой воды спускается. Когда приливные воды снова наступают, они оказываются перед закрытыми затворами, и уровень воды со стороны моря превышает ее уровень на стороне плотины, обращенной к суше. После того как будет достигнут достаточный напор, воде позволяют течь вверх по реке, проходя через турбины, и снова вырабатывать электричество. Таким образом, энергия вырабатывается за счет отлива, и за счет прилива.

На некоторых станциях применяется замечательная технология. В последней фазе прилива разница в уровнях воды в резервуаре за плотиной и в океане может составлять каких-нибудь два метра. В это время электроэнергия из какого-либо другого источника может быть использована для перекачивания океанской воды (с помощью турбин) в приливной бассейн. Вода накачивается на высоту лишь нескольких десятков сантиметров, поэтому не требуется много энергии. Когда

приливная волна отступила, эта дополнительная вода падает с высоты 6 - 10 м, вырабатывая гораздо больше электроэнергии, чем ее было затрачено. Та же идея реализуется при отливе, но только в этом случае вода откачивается из приливного бассейна в океан. При этом уровень воды в бассейне падает ниже уровня воды в океане, и поступающая приливная вода проходит большую дистанцию.

Места, где приливы могли бы быть использованы для выработки электроэнергии, имеются во всем мире.

Строительство приливных электростанций (ПЭС) сказывается неблагоприятно на состоянии прибрежных земель, самого побережья и аквальной вдольбереговой полосы: изменяются условия подтопления, засоления, размыва берегов, формирование пляжей и т. д. Изменение движения грунтовых вод влияет на динамику засоления прибрежных земель.

Помимо стоимости сооружения станции, у приливной энергии есть и другие отрицательные стороны.

И наконец, следует упомянуть еще одну отрицательную черту приливной энергии - то, **что её выработка непостоянна.** Это легко понять, если на минуту задуматься о ее природе. При обычной эксплуатации приливной энергии электричество вырабатывается только в начале отлива, т. е. тогда, когда уровень воды, запасенной в бассейне, в достаточной мере превышает ее уровень в море. По мере снижения уровня воды в бассейне выработка электроэнергии уменьшается и около нижней точки отлива падает до нуля, поскольку разность уровней исчезает. Если приливная станция оборудована реверсивными турбинами, то энергия может вырабатываться и за счет наступающего прилива, но только после того, как уровень прилива превысит в достаточной мере уровень воды позади плотины.

Эта циклическая выработка энергии вряд ли будет соответствовать суточным потребностям в ней.

1.6.3 Неблагоприятные экологические последствия в приливной энергетике:

1) периодическое затопление прибрежных территорий, изменение землепользования в районе ПЭС флоры и фауны акватории; 2) строительное замутнение воды, поверхностные сбросы загрязненных вод.

Физические последствия

Амплитуда прилива может увеличиваться всего лишь на 30 см, но даже такое небольшое изменение чревато серьезными последствиями. Поступающие приливные воды могут подняться на 15 см, а это способно привести к вторжению морской воды в прибрежные колодцы и создать угрозу для строений, расположенных вблизи верхней отметки прилива. Возможно ускорение береговой эрозии, а низинные участки, включая дороги, будут затопляться, когда штормы и увеличившиеся приливы объединят усилия. Береговая полоса будет практически непригодна для использования из-за более высоких приливов. Оценки площади береговой полосы, которая может быть потеряна из-за приливного затопления, колеблются от 17 до 40 квадратных километров. Конечно, местные потери зависят от крутизны склона и характера берега. Отлив, который может оказаться ниже на 15 см, способен затруднить доступ к лодкам и к воде с причалов. Увеличенная высота прилива может вызвать поступление более соленой воды в устья рек и этим изменить соотношение обитающих там водных организмов.

С увеличением амплитуды приливов возникнут усиленные приливные течения, на 5- 10% более быстрые, что может привести к размыванию и переносу песчаных отмелей и к заполнению песком существующих судоходных русел, а в результате - к необходимости составления новых навигационных карт. Но в этом случае суда вскоре начнут застревать, по мере того как проходы будут изменяться из-за перемещения песка. Более быстрые течения затруднят обособление нефтяных пятен, но вместе с тем, они же будут быстрее разгонять нефть.

Биологические последствия.

Постройка крупной приливной электростанции может привести не только к местным биологическим последствиям. В бассейне позади приливной станции будет оказывать воздействие на важное биологическое пространство вдоль побережья океана. Эта полоса, называемая приливной зоной, простирается от точки наивысшего прилива (или брызг от приливных волн) до нижней точки, обнажающейся при отливе. (Обе эти границы несколько смещаются со сменой времен года.)

В этой зоне биологические сообщества состоят, во-первых, из организмов, проводящих здесь свое время или большую часть его. На песчаных берегах обитают

роющие сообщества, такие, как крабы, креветки, черви и некоторые двустворчатые моллюски, а на скалистых - организмы, прикрепленные к скалам (мидии, устрицы, морские желуди, крупные водоросли). В воде приливной зоны имеется еще один набор организмов - фитопланктон. Это диатомовые водоросли, перидинеи; они приносятся и уносятся с водой приливов.

Появление приливной электростанции может не только повлиять на местные сообщества, но и причинить вред мигрирующим видам. Проход через турбины электростанции вряд ли принесет этим видам пользу. Для перекрытия входа могут быть использованы сетки, но годность лестничных рыбоходов в качестве обходного пути все еще остается под вопросом. Перелетные птицы, кормящиеся на соленых маршах, такие, как песочники и ржанки, вероятно, будут находить меньше пищи в приливном бассейне позади электростанции из-за гибели организмов при проходе через турбину. Всё это локальные последствия, но область их влияния может оказаться более обширной. Биологические неясности, связанные со строительством станций на приливной энергии, пока действительно очень велики.

Использование энергии волн на глубоководных местах в открытом океане сказывается на процессах в акватории океана. Преобразователи размещаются далеко от берега и не оказывают отрицательного действия на устойчивость побережья.

При установке преобразователей вблизи побережья возникают проблемы эстетического характера, так как они видны с берега. Цепочка устройств типа ныряющих уток Солтера длиной в несколько километров выглядит эстетически менее привлекательно, чем группа продуманно размещенных отдельно стоящих преобразователей энергии. Кроме того, непрерывная линия преобразователей в отличие от отдельно расположенных установок может стать препятствием для навигации и оказаться опасной для судов во время сильных штормов.

Один из важных вопросов влияния на окружающую среду преобразования энергии волн в прибрежной зоне - это воздействие на процессы в её пределах. Вещества, перемещаемые волнами, называются прибрежными наносами. Движение их необходимо для стабилизации береговой полосы, т.е., баланса между эрозией и отложениями. В связи с этим цепь из преобразователей энергии волн целесообразно устанавливать в местах намечаемых волноломов, чтобы они выполняли двойную

функцию: использование энергии волн и защиту побережья.

Неблагоприятные экологические последствия в волновой энергетике:

- 1) эрозия побережья, смена движения прибрежных песков;**
- 2) значительная материалоемкость;**
- 3) изменение сложившихся судоходных путей вдоль берегов;**
- 4) загрязнение воды в процессе строительства, поверхностные сбросы.**

1.7 Экологическая характеристика использования биоэнергетических установок [2,1]

Биоэнергетические станции по сравнению с традиционными электростанциями и другими НВИЭ являются наиболее экологически безопасными. Они способствуют избавлению окружающей среды от загрязнения всевозможными отходами. Так, например, анаэробная ферментация - эффективное средство не только реализации отходов животноводства, но и обеспечения экологической чистоты, так как твёрдые органические вещества теряют запах и становятся менее привлекательными для грызунов и насекомых (в процессе перегнивания разрушаются болезнетворные микроорганизмы). Кроме того, образуются дополнительный корм для скота (протеин) и удобрения.

Городские стоки и твёрдые отходы, отходы при рубках леса и деревообрабатывающей промышленности, представляя собой возможные источники сильного загрязнения природной среды, являются в то же время сырьем для получения энергии, удобрений, ценных химических веществ. Поэтому широкое развитие биоэнергетики эффективно в экологическом отношении.

Однако неблагоприятные воздействия на объекты природной среды при энергетическом использовании биомассы имеют место. Прямое сжигание древесины даёт большое количество твёрдых частиц, органических компонентов, оксида (окиси) углерода и других их газов. По концентрации некоторых загрязнителей они превосходят продукты сгорания нефти и её производных. Другим экологическим последствием сжигания древесины являются значительные тепловые потери.

По сравнению с древесиной биогаз - более чистое топливо, непроизводящее вредных газов и частиц. Вместе с тем необходимы меры предосторожности при

производстве и потреблении биогаза, так как метан взрывоопасен. Поэтому при его хранении, транспортировке и использовании следует осуществлять регулярный контроль для обнаружения и ликвидации утечек.

При ферментационных процессах по переработке биомассы в этанол образуется большое количество побочных продуктов (промывочные воды и остатки перегонки), являющихся серьезным источником загрязнения среды, поскольку их вес в несколько раз (до 10) превышает вес этилового спирта.

Неблагоприятные воздействия биоэнергетики на экологию:

- 1) выбросы твёрдых частиц, канцерогенных и токсичных веществ, оксида (окси) углерода, биогаза, биоспирта;**
- 2) выброс теплоты, изменение теплового баланса;**
- 3) обеднение почвенной органики, истощение и эрозия почв;**
- 4) взрывоопасность;**
- 5) большое количество отходов в виде побочных продуктов (промывочные воды, остатки перегонки).**

Источники к разделу 2

1. Васильев Ю.С., Хрисанов Н.И. Экология использования возобновляющихся энергоисточников. -Л: Изд-во Ленингр. Ун-та, 1991.-343с.
2. П. Ревелль, Ч. Ревелль Загрязнение воды и воздуха. - М.: изд-во «Мир», 1995.
3. П. Ревелль, Ч. Ревелль Энергетические проблемы человечества. - М.: изд-во «Мир», 1995.
4. Б. Небел Наука об окружающей среде . - М: изд-во «Мир», 1993.

Климов Геннадий Матвеевич

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии
для получения теплоты в системах теплоснабжения
(свалочный биогаз, экологические проблемы использования)

Методическая разработка для студентов очной и заочной форм обучения специальностей
140104 Промышленная теплоэнергетика и 270109.65 Теплогазоснабжение и вентиляция

Подписано в печать _____ Формат 60x90 1/8 Бумага газетная. Печать трафаретная
Уч.изд.л. Усл.печ.л. Тираж 300 экз. Заказ № _____

Федеральное государственное бюджетное образовательного учреждение
высшего профессионального образования «Нижегородский государственный
архитектурно-строительный университет» 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65.
Полиграфцентр ННГАСУ, 603950, Н.Новгород, Ильинская, 65