

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БАРАНОВИЧСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**В. М. БЛАГОДАРНЫЙ, В. И. КОЧУРКО,
И. АНДРЕЙЧАК, П. ГОРБАЙ**

БИОТОПЛИВО И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Монография

**Рекомендовано к печати
редакционно-издательским советом университета**

**Барановичи
РИО БарГУ
2012**

УДК 662.6/.9(035.3)

ББК 31.35я91

Б68

А в т о р ы:

В. М. Благодарный, В. И. Кочурко, И. Андрейчак, П. Горбай

Р е ц е н з е н т ы:

А. В. Алифанов, профессор, доктор технических наук,
заведующий отделом Физико-технического института НАН Беларуси;

М. Ф. Пашкевич, профессор, доктор технических наук,
профессор кафедры «Технология машиностроения»
Белорусско-Российского университета

Биотопливо и его использование [Текст] : монография /
Б68 В. М. Благодарный [и др.]. — Барановичи : РИО БарГУ, 2012. —
316, [2] с. : ил. — 110 экз. — ISBN 978-985-498-473-5.

В монографии рассмотрены вопросы производства биотоплива, его преимущества и недостатки, когенерационные установки для использования биогаза. Выполнен анализ состояния с биотопливом в Словакии и в других странах Европейского союза, подробно проанализирована энергетическая политика в этих странах, а также состояние с биотопливом в Беларуси и России. Показаны пути развития энергетики, основанной на использовании биотоплива. Представлены мероприятия по развитию производства биотоплива в Беларуси и его применению, а также преимущества и недостатки этого вида топлива.

Данное издание предназначено для использования в качестве вспомогательного материала для студентов технических специальностей учреждений высшего образования, изучающих предметы, связанные с экологией и ресурсосбережением.

Табл. 80. Рис. 110.

УДК 662.6/.9(035.3)

ББК 31.35я91

ISBN 978-985-498-473-5

© Коллектив авторов, 2012

© БарГУ, 2012

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений и аббревиатур	6
<i>Введение</i>	8
1 Источники загрязнения окружающего пространства	12
2 Общие сведения о биотопливе	20
2.1 Биотопливо	20
2.1.1 Биотопливо первого поколения	39
2.1.2 Биотоплива второго поколения	44
2.1.3 Биотоплива третьего поколения	49
2.2 Разделение газовых топлив. Основные параметры и теплотехнические расчеты	55
2.2.1 Разделение газовых топлив	55
2.2.2 Теплотехнические расчеты	57
2.2.3 Основные величины	59
2.2.4 Некоторые физико-химические свойства газов	61
2.3 Биогаз и его производство	63
2.3.1 Основные сведения о биогазе	65
2.3.2 Возникновение биогаза	69
2.3.3 Виды биогаза	86
2.3.4 Биогаз — источник энергии	103
2.3.5 Принцип работы когенерационных установок	110
2.3.6 Обзор зарубежных когенерационных установок	114
2.3.7 Обзор словацких когенерационных установок	132
2.3.8 Топлива для когенерационных установок	136
2.3.8.1 Пропан-бутан	136
2.3.8.2 Источники биогаза	137
2.3.8.3 Использование биогаза в Словакии	140
2.4 Газ со свалок	144
2.4.1 Краткий обзор проблем с отходами в Словакии	147
2.4.2 Комбинация устройств для компостирования и печи для сжигания отходов	157

2.5	Возможности использования газа со свалок	173
2.5.1	Процессы разложения в свалках	173
2.5.2	Возникновение ферментационных газов	173
2.5.3	Газ со свалок	174
2.5.4	Использование газа со свалок в Словакии и Евросоюзе ...	177
2.5.5	Наиболее часто применяемые формулы для расчета теоретического газа со свалок	184
2.6	Экологические аспекты использования биогаза, а также природного газа в Словакии	187
3	Биотопливо в Европе	193
3.1	Технологии производства биотоплива для транспорта	196
3.2	Синтетическое горючее	199
3.3	Внедрение биотоплива в ведущих странах мира	208
4	Энергетика в странах Европейского союза и Словакии	214
4.1	Энергетическая политика стран Европейского союза	214
4.2	Проект энергетической политики в Республике Словакии	218
4.3	Энергетическая политика в Республике Словакии	219
4.4	Либерализация рынка энергии, реструктуризация и приватизация ...	219
4.5	Регулирование рынка энергии	220
4.6	Долгосрочная концепция энергетической политики	222
4.7	Валовое потребление энергии, примерный бытовой продукт и коэффициент спроса энергии	222
4.8	Рост валового отечественного продукта и коэффициента спроса энергии	223
4.9	Потребность первичных энергетических ресурсов на жителя Словакии с 1993 г. в сравнении со странами ЕС 15	225
4.10	Цели и приоритеты энергетической политики Словакии на период времени до 2020 г. с перспективой до 2030 г.	227
4.11	Исходные позиции для достижения целей энергетической политики — баланс ресурсов и потребностей	228
4.12	Предполагаемый рост отдельных видов первичных энергетических ресурсов	229
4.13	Конкретизация направлений и целей для более широкого использования возобновляемых источников энергии	233
4.14	Используемый потенциал возобновляемых источников энергии по отдельным видам источников, включая оценку производства до 2020 г.	238
4.15	Рост потребности в электроэнергии	240
4.16	Обеспечение целей энергетической политики — предложение форм и способов обеспечения	242

4.17 Пути развития, направленные на повышение мощностей, создание новых источников	244
4.18 Безопасность и надежность поставки различных форм энергии в необходимом количестве и качестве	247
4.18.1 Перспективные пути для достижения безопасности и надежности поставки энергии	248
4.19 Снижение энергетической потребности и повышение ее энергетической эффективности	255
4.20 Цели экономической политики, связанные с влиянием энергетики на окружающее пространство	258
4.20.1 Мероприятия, ориентированные на повышение энергетической эффективности	264
4.21 Состояние науки и развитие энергетики	267
4.21.1 Наука и развитие энергетики	268
4.21.2 Постоянное развитие	270
4.21.3 Инновации, новые методы исследования, развитие и образование	271
4.21.4 Финансирование мероприятий энергетической политики ...	272
5 Энергетическая политика Беларуси	274
5.1 Потенциал альтернативной энергетики	283
5.2 Ускорение в Беларуси	284
5.3 Расчет эффективности применения биостанций в Беларуси	295
5.4 Дизельное топливо в Беларуси и России	296
5.5 Состав дизтоплива в Беларуси	306
5.6 Мнения сервисных центров о дизтопливе	307
Заключение	309
Список использованных источников	310

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И АББРЕВИАТУР

АЗС	—	автозаправочная станция
АПК	—	агропромышленный комплекс
атм	—	атмосфера (1 атм = 101, 33 Па)
АЭС	—	атомная электростанция
бел. р.	—	белорусский рубль
ВВП	—	внутренний валовой продукт
ВВС	—	военно-воздушные силы
ВИЭ	—	возобновляемые источники энергии
ВПЭ	—	валовая потребность энергии
ВЭР	—	вторичные энергоресурсы
г	—	грамм
г.	—	год
гг.	—	годы
га	—	гектар
ГВт	—	гигаватт (1 ГВт = 10^9 Вт)
ГВт · ч	—	гигаватт-час (1 ГВт · ч = 10^9 Вт · ч)
ГДж	—	гигаджоуль (1 ГДж = 10^9 Дж)
ГК	—	госкомитет
ГПО	—	государственное производственное предприятие
ГПС	—	глобальная позиционная система
ГЭС	—	гидроэлектростанция
дол.	—	доллар
ДТ	—	дизельное топливо
ЕС	—	Европейский союз
ЕС 15	—	Европейский союз из 15 государств
ЗАО	—	закрытое акционерное общество
и др.	—	и другое
и т. п.	—	и тому подобное
ИПЭ	—	итоговая (суммарная) потребность энергии
кВт	—	киловатт (1 кВт = 1 000 Вт)
кВт · ч	—	киловатт-час (1 кВт · ч = 1 000 Вт · ч)
кВтэ	—	киловатт энергии электричества
кВтт	—	киловатт энергии тепла
КПТ	—	котельно-печное отопление
МВт	—	мегаватт (1 МВт = 10^6 Вт)
МВТ	—	местные виды топлива

МДж	—	мегаджоуль (1 МДж = 10^6 Дж)
МЖХ	—	Министерство животного хозяйства
млн	—	миллион
млн т	—	миллион тонн
млрд	—	миллиард
МОП	—	Министерство окружающего пространства
н. э.	—	нефтяной эквивалент
НВИЭ	—	нетрадиционные возобновляемые источники энергии
ОАО	—	открытое акционерное общество
ООО	—	общество с ограниченной ответственностью
ОССВ	—	очистные сооружения для сточных вод
Па	—	паскаль
ПДж	—	петаджоуль (1 ПДж = 10^{15} Дж)
ПЭР	—	первичный энергетический ресурс
РАО	—	радиоактивные отходы
рис.	—	рисунок
РИСО	—	региональная информационная система об отходах
РС	—	Республика Словакия
РУП	—	республиканское унитарное предприятие
РФ	—	Российская Федерация
РЧ	—	Республика Чехия
сб. з.	—	сборник законов
ск	—	словацкая крона (денежная единица)
СНГ	—	Содружество Независимых Государств
СНС	—	Словацкий народный совет
СПК	—	сельскохозяйственный производственный кооператив
СТБ	—	стандарт Беларуси
США	—	Соединенные штаты Америки
табл.	—	таблица
т	—	тонна
т. е.	—	то есть
ТМ	—	тепловая мощность
ТВт · ч	—	терраватт-час (1 ТВт · ч = 10^{12} Вт)
ТДж	—	тераджоуль (1 ТДж = 10^{12} Дж)
ТЗВ	—	твердые загрязняющие вещества
ТКО	—	твердые коммунальные отходы
ТУТ	—	тонна условного топлива (1 ТУТ = 442 ГДж / кг)
тыс. т	—	тысяч тонн
ТЭР	—	топливно-энергетические ресурсы
ТЭЦ	—	теплоэлектроцентраль
ЦХОЭМ	—	Центр хозяйства отходов и экологического менеджмента
ЭМ	—	электрическая мощность
ЭП	—	энергетическая потребность
ЮАР	—	Южно-Африканская Республика
ЯЭ	—	ядерная электростанция

ВВЕДЕНИЕ

На Земле произошли глобальные климатические изменения. Температура поверхности Земли за последние 140 лет повысилась на 0,8°C, причем на 0,4°C за последние 25 лет. Уровень моря повысился за последние 200 лет примерно на 150 мм. В 1950—1960 гг. произошло 13 крупных катастроф, связанных с изменением климата и оцененных в сумму 35 млрд дол. США. В 1990—1998 гг. произошли 72 катастрофы на сумму 320 млрд дол., с 1999 г. по 2009 г. произошло более 130 крупных катастроф на общую сумму около 1 млрд дол. Что касается эмиссии тепличных газов, то снижение удалось получить в Европе (на 3,5% за 1990—2000 гг.), в то же время такие государства, как США, Канада и Австралия производят огромное количество этой эмиссии (США и Канада в 2000 г. произвели в 2 раза больше, чем вся Европа), и это количество выбросов постоянно растет (за 1990—2000 гг. увеличилось на 13%, за 2001—2009 гг. — на 17%) [1].

В связи с этим в настоящее время во всем мире большое внимание уделяется возобновляемым источникам энергии. Производятся они из биоматериалов (зерна, стеблей растений, биомассы, древесины, навоза, сточных вод и др.). Биомасса представляет около $\frac{2}{3}$ всех возобновляемых источников энергии в Европе и является наиболее развивающейся ветвью возобновляемых источников энергии. Производство энергии из этих источников составило приблизительно 109,5 млн т нефтяного эквивалента в 2004 г. Из этого объема 66% (72,4 млн т) произведено из биомассы. В общем балансе энергии в 2004 г. биомасса составила 4,13% [1]. Эта цифра подтверждает важную роль биомассы в секторе возобновляемых источников энергии.

При переработке семян рапса получается не только растительное масло, используемое для пищевых целей, но и биокomпонент для производства биодизельного топлива. На рапсовом масле могут работать двигатели специальной конструкции, а на смеси с дизельным топливом нефтяного происхождения — обычные дизели, адаптированные к такому топливу. В мировой практике наиболее широко используются смеси дизельного топлива с метилэфирами жирных кислот, получаемых от последующей переработки рапса. В Европе и Америке биотопливо считают реальной альтернативой использованию нефтепродуктов в транспорте. Развитие биотопливных технологий позволит уменьшить зависимость экономики входящих в Евросоюз стран от импорта нефти, и в то же время оно сделает транспорт экологически более чистым.

Переход к использованию биотоплива принадлежит к числу основных элементов политики Европейского союза, направленной на решение проблемы изменения климата. Ведь автомобильный транспорт является главным, после энергетики,

виновником попадания в атмосферу газов, вызывающих «парниковый эффект». Он несет ответственность за $\frac{1}{5}$ от всего количества попадающего в атмосферу углекислого газа (CO_2), который играет главную роль в создании «парникового эффекта».

Во многих частях света уже работают над сокращением выбросов парниковых газов автомобильным транспортом. В Соединенных Штатах, Канаде, Японии, Корее, Китае и Австралии уже предпринимались административные меры и добровольные шаги в этом направлении. Некоторые из них сейчас пересматриваются с целью дальнейшего увеличения энергоэффективности топлива и сокращения выбросов CO_2 .

Дж. Буш, будучи президентом США, объявил в своем ежегодном обращении [2], что он будет добиваться повышения энергоэффективности топлива для легковых автомобилей и легких грузовиков, а также поддержки технологии «чистого дизеля», мировыми лидерами которой являются европейские производители. Б. Обама, нынешний президент США, поставил перед страной цель: чуть больше чем за десять лет сократить на треть импорт нефти в страну. Президент США заявил об этом во время презентации новой стратегии энергобезопасности в Джорджтаунском университете [2]. Представленная президентом программа включает снижение уровня зависимости США от нефти и использование экологически чистых альтернативных источников топлива, а также — более рациональное использование энергии. «Это означает, что единственный способ реально обеспечить энергобезопасность для Америки — это снизить зависимость от нефти... С точки зрения новых источников энергии, у нас есть разные варианты. Первый — это природный газ», — отметил он, указав, что разработка газовых месторождений должна вестись без ущерба для экологии [2]. Президент США также сообщил, что уже поручил министру энергетики работать со специалистами в области газовой индустрии над разработкой методов совершенствования процесса добычи природного газа. «Другой альтернативой нефти, чрезвычайно многообещающей, является возобновляемое биотопливо... Поэтому мы инвестируем разработки следующего поколения биотоплива», — отметил Б. Обама [2]. Еще одним важным способом снижения уровня зависимости от нефти президент США назвал переход на экологически чистые виды транспорта. Администрация США предложит новые стандарты топливной эффективности для легковых автомобилей и грузовиков. В начале 2010 г. США выделили 187 млн дол. на поддержку девяти инновационных проектов по разработке топливосберегающих технологий для грузовых и пассажирских автомобилей. Администрация Б. Обамы уверена, что количество вредных выбросов в атмосферу к концу 2030 г. сократится на 20% [2].

Япония объявила о своем намерении повысить энергоэффективность автомобильного топлива на 20% к 2015 г. [2].

Европейский союз признает, что биологические топлива способствуют выполнению требований Киотского протокола в отношении выбросов парниковых газов в атмосферу, в связи с чем в директиве ЕС 2003/30/ЕС ставилась задача увеличить долю биологического топлива на рынке автомобильного топлива до 5,75% к 2010 г. В распространенном Европейской комиссией сообщении [2] отмечалось, что достижение поставленной ЕС цели — сократить выбросы углекислого газа новыми автомобилями до 120 г на километр пути к 2012 г. — позволит выполнить на 10% требование Киотского протокола о снижении в 2012 г. выбросов парниковых газов на 8% по сравнению с базовым годом (в большинстве случаев 1990 г.).

При этом в Германии все громче раздаются требования закрыть теплоэлектростанции, работающие на буром и каменном угле. По данным Всемирного фонда дикой природы, только в результате эксплуатации угольных электростанций в атмосферу ежегодно попадает 24 млрд т углекислого газа. Альтернативу атомной электростанции и тепловой электростанции в Германии видят в использовании энергии ветра и солнца.

В странах Европейского союза считают, что развитие биотопливных технологий позволит уменьшить зависимость экономики Евросоюза от импорта нефти. Согласно решению Европейского совета, в который входят главы государств и правительств стран-членов ЕС, в 2020 г. доля возобновляемых источников энергии (ветра, воды, солнца и биотоплива) в структуре энергетики ЕС должна составить 20% [2]. Европейский союз с населением 500 млн человек и с расположенными на его территории 20 млн предприятий является крупнейшим энергетическим рынком в мире. Для повышения безопасности энергоснабжения предлагается несколько мер. Во-первых, необходимо стимулировать развитие собственных ресурсов, прежде всего за счет расширения использования возобновляемых источников. Немаловажной проблемой является уменьшение использования ископаемых топлив при выработке электрической и тепловой энергии. Во-вторых, следует добиться сокращения расхода энергии, в частности, путем строительства зданий с улучшенной теплоизоляцией. Еще одна цель, зафиксированная в плане действий, — более эффективное использование энергии ветра у побережья Великобритании и солнечной энергии в Италии, Испании и Греции. Необходимо отметить, что страны ЕС, в соответствии с Киотским протоколом, сумели сократить выбросы углекислого газа, по сравнению с уровнем 1990 г., во всех промышленных сегментах за исключением транспорта. Выбросы газа транспортом с указанной даты, наоборот, выросли на треть, и к настоящему времени они составляют более чем пятую часть всех выбросов в странах ЕС.

В соответствии с программой Европейской комиссии в 2020 г. доля биотоплива в структуре транспортного топлива в ЕС должна равняться 10% (в 2005 г. она составляла лишь 1%) [2]. Важной целью программы ЕС является развитие биотоплива второго поколения — более чистого, чем это позволяют нынешние технологии.

После разрушительных землетрясений и цунами в Японии, а также аварии на АЭС «Фукусима-1», спрос на природные энергоносители в некоторых странах уже существенно увеличился или увеличится в ближайшее время. Прогнозируется, что энергетические компании Германии могут увеличить потребление угля до конца этого года на 12 млн т. Связано это с тем, что правительство страны приняло решение временно вывести из эксплуатации семь АЭС, построенных до 1980 г. Таким образом, в ближайшее время потребуются значительно больше угля, чтобы обеспечить работу электростанций, работающих на нем.

Что касается Японии, то приостановка работы атомных реакторов может повысить спрос на сжиженный природный газ в стране на 5 млрд м³ уже в ближайшее время. А начиная с 2012 г. потребности будут увеличиваться на 2 млрд м³. Эксперты *Societe Generale SA* полагают, что в атомной энергетике Японии в ближайшее время будет кризис [3].

Ситуация с атомными станциями в Японии в ближайшее время заставит многие страны пересмотреть подходы к выработке энергии. Можно ожидать, что многие

АЭС будут закрыты, а планы по строительству новых — заморожены. Все это, в конечном итоге, приведет к новому витку роста мировых цен на топливо. Пока этот рост не слишком чувствуется, так как японский внутренний рынок после землетрясения и цунами значительно снизил потребление нефти и нефтепродуктов, однако долго такая ситуация продолжаться не будет. На все это накладываются риски военной операции против Ливии, в результате которой может быть повреждена нефтедобывающая инфраструктура региона.

В Японии начнут больше внимания уделять проблеме альтернативных источников энергетики, и здесь у них есть много возможностей, чтобы эти технологии продвигать и развивать. Примером может стать биотопливо, которое развивается по мере движения цивилизации вперед. Есть еще одно направление — биотопливо из водорослей. Специалисты говорят, что если брать из водорослей полностью то, что в них находится, то даже небольшой участок моря может обеспечивать город энергией. Но это перспектива не на ближайшие 5—10 лет, а на 20—25. Уже сейчас инвестиции в альтернативную энергетику могут пойти в гораздо большем объеме, чем это было до событий в Японии [3].

В краткосрочной перспективе страны могут притормозить ввод новых мощностей атомной энергетики. В ближайшее время будет наблюдаться некая напряженность. В Европе, скорее всего, не будут продлевать лицензии старым станциям, как это планировалось ранее. Но в целом ядерная энергетика вряд ли пойдет на спад. Кроме того, могут появиться новые технологии как в самой ядерной энергетике, так и около нее, которые могут впоследствии заменить устаревшие ядерные реакторы. Так оценивают положение в энергетике эксперты.

Годовое потребление электроэнергии в Беларуси составляет примерно 37 млрд кВт · ч. Белорусская энергосистема производит около 34 млрд кВт · ч электроэнергии в год.

В 2010 г. импорт электроэнергии в республику за счет увеличения собственной выработки снизился примерно до 2,97 млрд кВт · ч и составил 66,3% по отношению к 2009 г. Поставки электроэнергии в Беларусь осуществлялись преимущественно из Украины, а также в небольшом объеме из России. Планируется в течение 2011—2015 гг. [4] в Республике Беларусь построить ветроустановки суммарной мощностью до 300 МВт. Планируется также строительство 161 энергоисточника на местных видах топлива суммарной электрической мощностью около 48 МВт и тепловой мощностью до 1 026 МВт. В 2010—2012 гг. будет построено 39 биогазовых комплексов мощностью 40,4 МВт. В проекте «Приоритетные направления научно-технической деятельности на 2011—2015 гг.» запланировано к 2015 г. увеличить доли местных и возобновляемых источников энергии в потреблении котельно-печного топлива до 25% [1].

В мире сегодня большое внимание уделяется возобновляемым источникам энергии, особенно эта проблема актуальна для стран Европы, бедных на ископаемые источники энергии и вынужденных их импортировать. Анализ состояния этой проблемы в европейских странах, в частности в Словакии, представленный в монографии [5], и сравнение с состоянием проблемы в Беларуси, показал актуальность и важность решения данной проблемы для Беларуси.

Многие ученые уже в течение нескольких лет предупреждают, что мировая цивилизация может погибнуть еще при нашей жизни. Новые пророки катастрофы говорят об одном и том же наборе угроз, главные из которых — изменение климата, истощение ресурсов и дисбаланс населения. Самые большие страхи вызывает то, что многие опасности взаимосвязаны и одно усугубляет другое. Если мы хотим избежать глобального краха, мы должны решать все проблемы одновременно, предупреждают ученые. Сегодня, когда глобальное потепление сделает одни регионы менее гостеприимными, чем другие, все больше людей будет перебираться на земли, пригодные для жизни. Рост населения сделает их менее привлекательными, что приведет к дальнейшей миграции по принципу домино. Массовые перемещения людей и капитала вызовут напряженность в мировой финансовой системе и могут ее разрушить. Во время нефтяного кризиса в 70-х гг. прошлого столетия начали появляться первые хозяйственные ограничения, ведущие к рациональному производству и экономному потреблению энергии. В настоящее время проблема экономии энергии, в соответствии с последними данными о состоянии окружающего пространства на Земле, превратилась в проблему сохранения жизненных условий для людей и самой природы. Ископаемые носители энергии (нефть, природный газ, уголь) и атомная энергия при сжигании безвозвратно теряются, ну а главное — при этом наносят вред окружающему пространству. Промышленные предприятия, химическая промышленность, энергетические предприятия, транспорт, являющиеся главными потребителями ископаемых источников энергии, являются и главными источниками загрязнения окружающей среды. Это наглядно представлено на диаграммах (рис. 1.1—1.7) [5].

На диаграмме (рис. 1.1) видно, что основными загрязнителями окружающей среды двуокисью углерода являются энергетика и промышленность. Именно они загрязняют атмосферу углекислым газом.

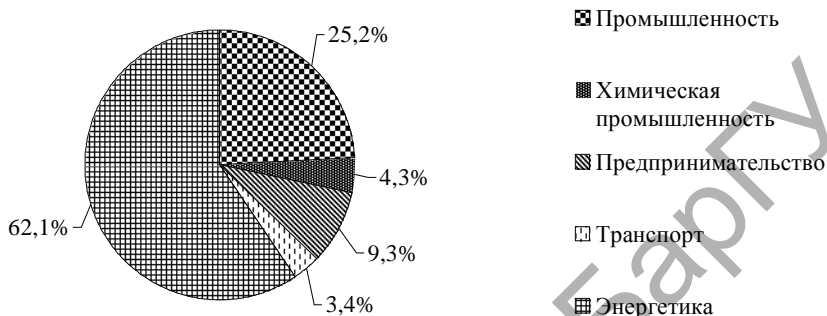


Рисунок 1.1 — Основные источники углекислого газа (по [5] с изменениями)

На рисунке 1.2 отражены основные поставщики в атмосферу различных соединений азота, которыми являются транспорт, энергетика и промышленность. Если в энергетике и промышленности теоретически можно улавливать и утилизировать эти газообразные соединения, то в транспорте это сделать сложно. А как раз транспорт и является главным источником загрязнения.

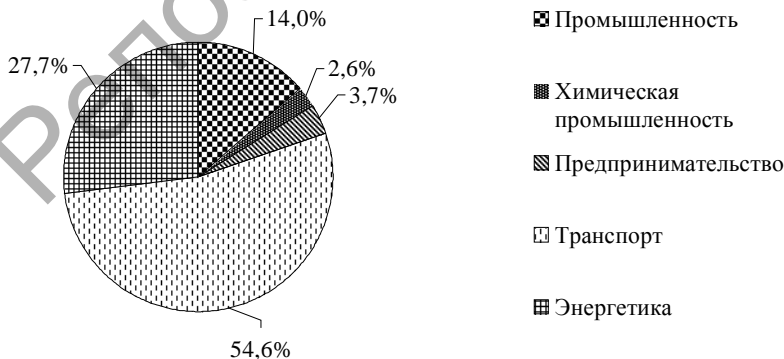


Рисунок 1.2 — Основные источники оксида азота (по [5] с изменениями)

Основными источниками загрязнения атмосферы являются транспорт, промышленность и индивидуальные потребители тепла (см. рис. 1.3—1.5). Это связано, прежде всего, с тем, что именно эти потребители в качестве основных источников энергии используют нефть, газ, уголь и производные из них, т. е. то, что является главным источником выделения углеводорода и углекислого газа.

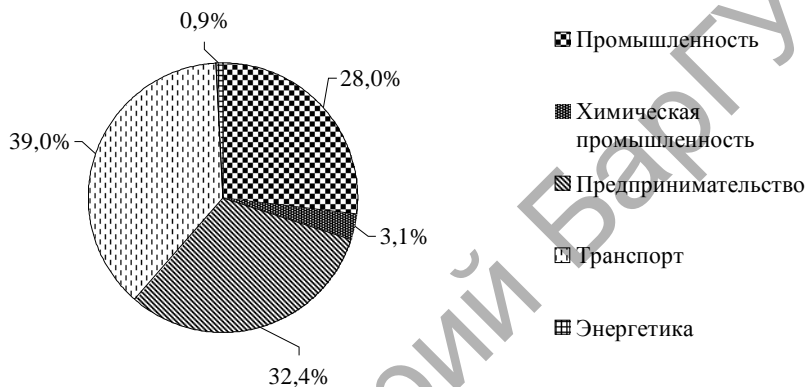


Рисунок 1.3 — Основные источники углеводорода (по [5] с изменениями)

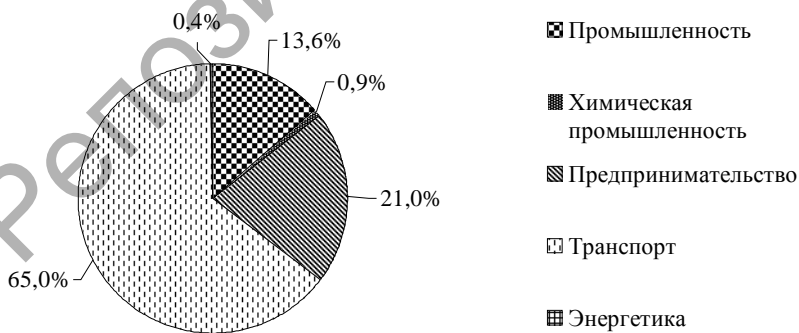


Рисунок 1.4 — Основные источники углекислого газа (по [5] с изменениями)

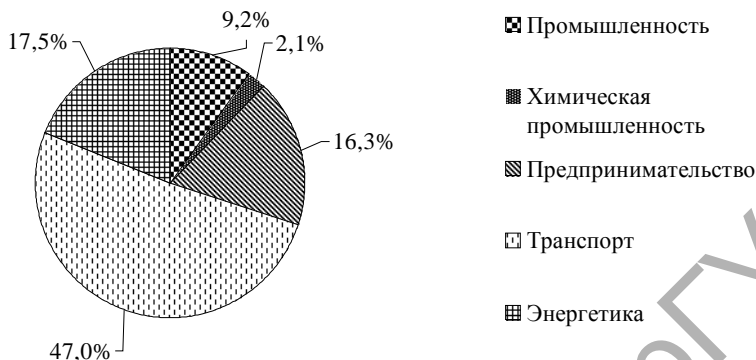


Рисунок 1.5 — Основные источники общего загрязнения (по [5] с изменениями)

Источниками сернистых газообразных соединений являются энергетика, промышленность и индивидуальные потребители (рис. 1.6), твердых загрязнений — промышленность, энергетика, транспорт и индивидуальные потребители (рис. 1.7).

Ежегодно в Беларуси на свалки вывозится более 20 млн т бытовых и промышленных отходов. Из них около 2 млн т — макулатура, пластмасса и стеклобой. Специалисты подсчитали, что, переработав всего тринадцатую часть бытовых отходов, бюджет страны удалось бы пополнить на 20 млн дол. США. В этом году на переработке бытового вторсырья планируют заработать более 30 млн. Передвижные пункты сбора стеклотары и пластмассы будут ездить по городам согласно специальным графикам. Точное время и число будет указано в объявлениях, развешенных на домах накануне. Сами пункты сбора вторсырья обещают привлечь внимание необычной формой и яркой раскраской.

То, что природа накопила в течение миллионов лет, может быть израсходовано за несколько десятилетий. Поэтому потребление ископаемых источников в ближайшее время должно быть радикально снижено. Уже теперь осталось всего лишь 40% известных месторождений нефти. Никогда еще стоимость барреля нефти не поднималась до 120 дол. США, и аналитики предполагают, что в ближайшие годы цена барреля нефти достигнет 200 и более дол. США.

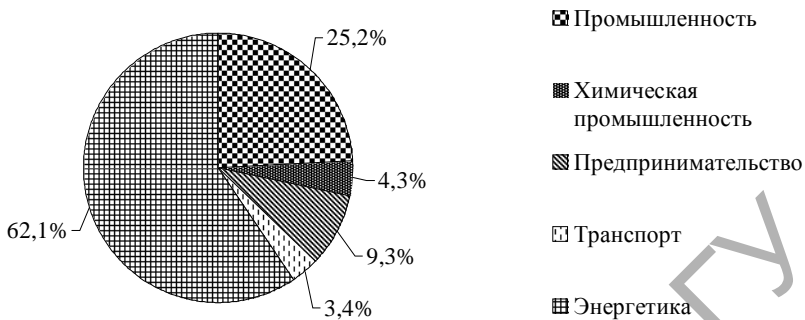


Рисунок 1.6 — Основные источники оксида серы (по [5] с изменениями)

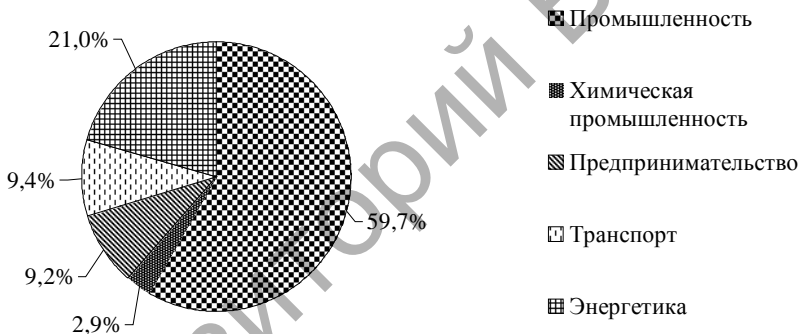


Рисунок 1.7 — Основные источники твердых коммунальных отходов (по [5] с изменениями)

И все-таки ископаемые топлива вместе с ураном доминируют в современной энергетике вопреки тому, что их использование экологически вредно и антигуманно в отношении будущих поколений, которые не только не смогут использовать эти источники энергии, но и будут отягощены проблемами, связанными с их использованием предыдущими поколениями людей. Одной из главных причин наличия такой ситуации является существование энергетических монополистов, которые захватили не только рынок энергетике, но и зомбируют людей в области использования энергии.

Довольно часто умалчиваются как факты негативного влияния при сжигании топлива на окружающее пространство, на здоровье людей, их бесперспективность и опасность для будущих поколений людей, так и все позитивные эффекты жизненно важной альтернативы применения возобновляемых источников энергии.

Вполне понятно, что широкое использование возобновляемых энергетических источников, с точки зрения своих преимуществ, означало бы постепенную децентрализацию источников энергии, а тем самым создало бы угрозу интересам нефтяных, газовых, угольных, электрических и других компаний в их монопольном положении. Причем сама транспортировка и доставка ископаемых топлив к потребителю является одной из главных причин не только дефицита в торговле, но и зависимости от других стран со всеми отрицательными сторонами, связанными с этой зависимостью. Вопреки мнению экспертов о том, что возобновляемые источники энергии должны были бы покрывать большую часть потребностей в энергетических ресурсах, реальная ситуация совершенно иная. Главными причинами стагнации развития возобновляемых источников энергии являются: недостаток финансовых средств, множество недостаточно проработанных программ и пилотных проектов. Еще в 1975 г. в докладе на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук России, академик П. Л. Капица говорил: «Основным фактором, определяющим развитие материальной культуры людей, является создание и использование источников энергии. Производимая ими работа теперь во много раз превосходит мускульную. Так, в наиболее развитых странах используемая мощность разнообразных источников энергии составляет до 10 кВт на человека в год. Это, по крайней мере, в 100 раз больше, чем средняя мускульная мощность одного человека» [6].

Потребление энергии непрерывно возрастает. В течение 2001—2025 гг. ожидается рост еще на 60...70%. В связи с этим будет расти потребление нефти, газа и угля. На диаграмме (рис. 1.8) показана динамика потребления энергии в мире до 2100 г. На рисунке 1.9 показаны доли участия различных видов источников энергии в общем ее потреблении [7].

Можно видеть из диаграмм (см. рис. 1.9), что наибольшую долю в общем потреблении энергии в странах Европейского союза составляют следующие ископаемые: нефть, уголь, газ и уран; причем наибольшую часть составляет нефть, а в Чехии — уголь и в равных долях нефть и газ.

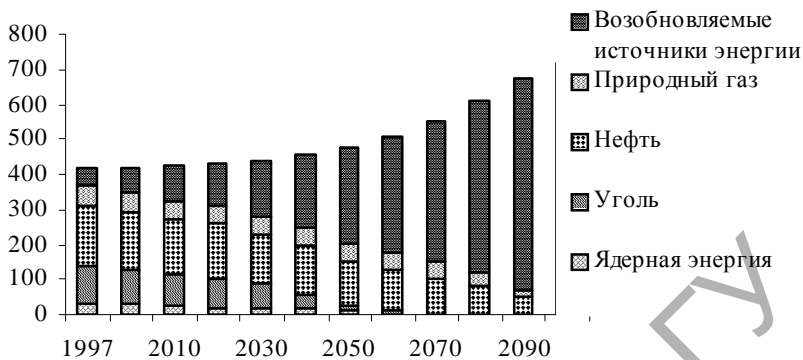
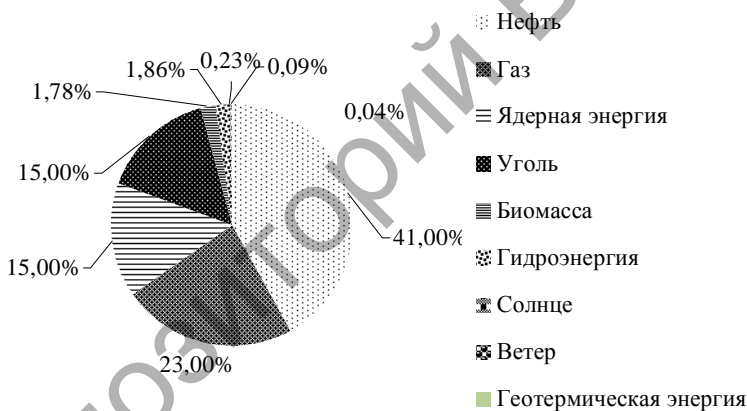


Рисунок 1.8 — Схема развития потребления энергии в мире (по [7] с изменениями)

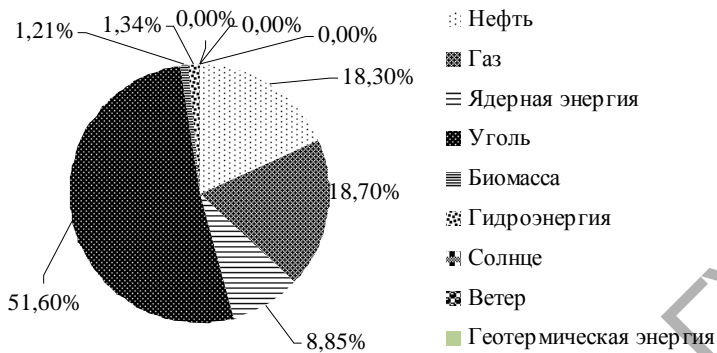


a)

a — Европейский союз; б — Республика Чехия

Рисунок 1.9 — Долевая часть вида источника энергии в общем потреблении энергии (по [7] с изменениями)

На диаграмме (рис. 1.10) показано потребление транспортного топлива в странах ЕС. Здесь можно видеть, как постепенно уменьшается доля топлив, полученных из ископаемых источников (угля, нефти, газа) и увеличивается доля альтернативного топлива, причем в 2050 г. эта



б)

Рисунок 1.9 — Окончание

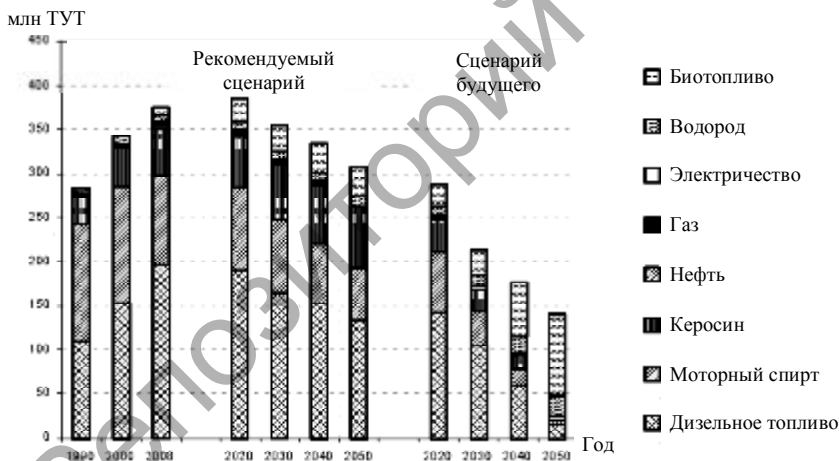


Рисунок 1.10 — Потребление транспортного топлива в странах ЕС в 1990—2050 гг. (по [7] с изменениями)

доля увеличена, по сравнению с ископаемыми источниками, более чем в два раза. Такая тенденция может вселять уверенность в то, что человечество движется в правильном направлении.

2.1 Биотопливо

Биотопливо — это топливо из биологического сырья, получаемое в результате переработки отходов растительного и древесного сырья: стеблей сахарного тростника или семян рапса, кукурузы, сои, стружки, опилок, коры деревьев, сучков, пней, щепы, веток и т. п. Существуют также предложения по получению биотоплива из целлюлозы и различного типа органических отходов, но эти технологии находятся еще в ранней стадии разработки или коммерциализации. Различают жидкое биотопливо (для двигателей внутреннего сгорания, например, этанол, метанол, биодизель), твердое биотопливо (дрова, брикеты, топливные гранулы или пеллеты, щепы, солома, лузга) и газообразное (биогаз, водород) [8; 9]. Рассмотрим более подробно виды биотоплив, применяемых на практике.

Дрова — древнейшее топливо, используемое человечеством. В настоящее время в мире для производства дров или биомассы выращивают энергетические леса, состоящие из быстрорастущих пород (тополь, эвкалипт и др.). В России и Беларуси на дрова и биомассу в основном идет балансовая древесина, не подходящая по качеству для производства пиломатериалов. Но, к сожалению, не все отходы дерева используются в энергетических целях. Очень часто эти отходы просто сжигаются или остаются гнить на местах деревообработки.

Известно, что 1 000 кг сухой древесной массы по теплотворной способности равны 450 кг черного угля, или 520 кг кокса, или 340 кг горючего масла, или 320 кг бутана [5].

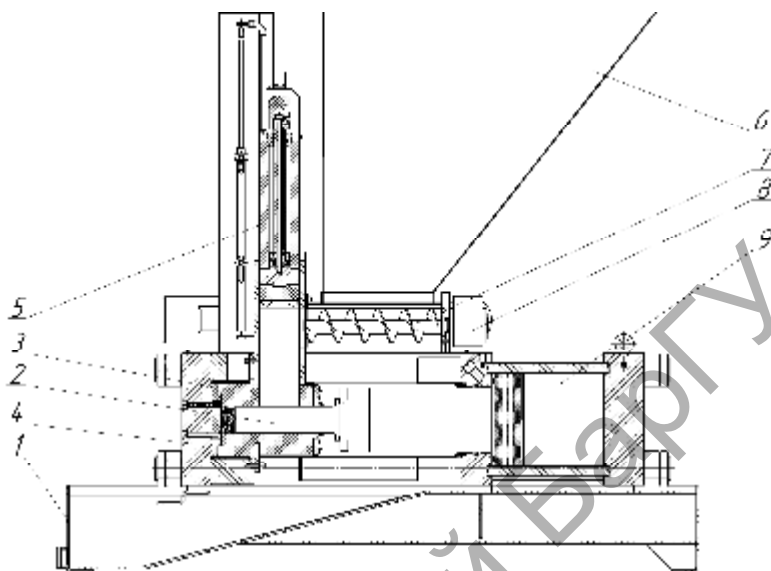
В таблице 2.1 представлены потери древесного сырья в процессе лесозаготовок. Можно видеть, что эти потери довольно значительны и не только не используются, но и загрязняют окружающую среду [9].

Топливные гранулы (пеллеты) и брикеты — прессованные изделия из древесных отходов (опилок, щепы, коры, тонкомерной и некондиционной древесины, порубочные остатки при лесозаготовках),

Т а б л и ц а 2.1 — Потери элементов кроны в процессе лесозаготовок, % [8]

Порода дерева	Потери при валке		Потери при формировании воза и трелевке		Потери при вывозке деревьев
	бензопилой	валочно- пакетирующей машиной	вершиной вперед	комлем вперед	
Сосна	5...21	3...10	11...31	5...24	10...35
Ель	5...15	2...10	5...25	5...21	10...30
Береза	4...20	3...10	10...25	7...26	10...36
Осина	4...24	3...13	11...37	7...28	10...38

соломы, отходов сельского хозяйства (лузги подсолнечника, ореховой скорлупы, навоза, куриного помета) и другой биомассы. Древесные топливные гранулы называются пеллетами, они имеют форму цилиндрических или сферических гранул диаметром 8...23 мм и длиной 10...30 мм. На рисунке 2.1 представлена схема установки для брикетирования древесных отходов, разработанная в учреждении образования «Барановичский государственный университет» (авторы: студент А. В. Панфило, руководитель В. М. Благодарный) [10]. Прессование начинается с того, что загрузочный шнек 4 включается на заданный интервал времени (0,5...10 с), указываемый в программе пресса; при этом происходит загрузка определенного количества прессуемого материала. После начинается предварительное прессование гидроцилиндром 5 с давлением до 25 МПа. Давление также указывается в программе пресса. По завершении предварительного прессования (при этом верхняя полуформа должна сомкнуться с нижней) начинается окончательное прессование главным гидроцилиндром 6. Давление прессования главным гидроцилиндром достигает 400 МПа. Ход главного гидроцилиндра неравномерный. Сначала он перемещается в ускоренном режиме, что достигается насосом с регулировкой по давлению, а потом уменьшает свою скорость вследствие увеличения давления в системе и уменьшения объема масла, перекачиваемого насосом. Установлен насос аксиально-поршневого типа с возможностью регулировки расхода и давления с пульта пресса. При этом можно увеличить расход жидкости, уменьшив давление подачи, что очень удобно при прессовании не столь плотных материалов с низким давлением прессования. После



1 — основание; 2 — пуансон; 3 — матрица; 4 — стенка корпуса;
5 — гидравлический пресс; 6 — бункер; 7 — шнек; 8 — электродвигатель;
9 — полость главного гидроцилиндра

Рисунок 2.1 — Установка для брикетирования древесных отходов
(опилки, стружки)

достижения в системе требуемого давления датчик давления дает сигнал на сброс давления, и происходит обратный ход штока гидроцилиндра; при этом масло из полости нагнетания перекачивается в полость обратного хода. При каждом цикле прессования одновременно происходит выталкивание спрессованного брикета из матрицы 3. Брикет выталкивается попеременно то в правый, то в левый рукав. Движение брикетов по рукаву осуществляется за счет сил выталкивания.

В настоящее время производство топливных гранул и брикетов (рис. 2.2 и 2.3) экономически выгодно только при больших объемах. Энергоносители биологического происхождения (главным образом навоз и т. п.) брикетируются, сушатся и сжигаются в каминах жилых домов и топках тепловых электростанций, вырабатывая дешевое электричество, а также отходы биологического происхождения —



Рисунок 2.2 — Производство брикетов из древесных отходов [11]



Рисунок 2.3 — Брикеты, произведенные из древесных отходов [11]

необработанные или с минимальной степенью подготовки к сжиганию: опилки, щепы, кора, лузга, шелуха, солома и т. д. Биомасса в виде растительных и древесных отходов является химически

законсервированной солнечной энергией. Это один из наиболее универсальных и распространенных источников энергии на Земле. Можно использовать их не только для производства тепла, но и для получения электричества.

Наиболее интенсивно в настоящее время развивается такая отрасль, как производство экологического топлива в виде брикетов



Рисунок 2.4 — Пеллеты из растительных отходов [11]

и пеллет, которые изготавливают из древесных и растительных отходов, а также из неделовой древесины [12, 13]. Почти все материалы с влажностью менее 20% могут быть спрессованы. Например, это могут быть опилки, крошки дерева (как новые, так и старые), шелуха семян, шелуха риса, сахарный тростник, скорлупа земляного ореха, подсолнухи, стеклянная крошка, остатки фанеры, табачная пыль, сухая грязь и т. д. (рис. 2.4).

Древесные и растительные отходы прежде всего измельчают на мелкую фракцию, далее высушивают до минимальной влажности и затем без всяких каких-либо клеящих веществ прессуют при высоком давлении и высокой температуре. Пеллеты являются сыпучим топливом с высокой теплотворностью, низким содержанием золы и воды, что не вызывает теплового удара при горении, малыми затратами на складирование и позволяют автоматизировать процесс сжигания в топке котла или печи. Чаще всего пеллеты изготавливают из отходов легких пород деревьев: стружки, опилок, смеси опилок мягких и твердых пород деревьев, измельченной коры деревьев, мелких щепок, измельченной соломы, стеблей кукурузы, подсолнечника и других растений. Кроме того, пеллеты можно изготавливать из ила очистных сооружений, из специально выращенных энергетических растений. Пеллеты как топливо довольно широко используются в Европе и Америке. Многие фирмы в Европе уже отказались от изготовления газовых котлов и перешли на изготовление котлов под брикеты и пеллеты.

На качество пеллет влияет много различных факторов: материал, его состав, однородность, степень измельчения, влажность, температура и давление, при которых пеллеты прессуются, а также способ изготовления.

На основе анализа существующих установок для брикетирования опилок и прессования пеллет спроектирован участок для изготовления пеллет из древесных и растительных отходов, основными элементами которой являются: линия по доставке опилок в рабочую часть, формообразующие барабаны, редуктор с двигателем, конвейер для удаления готовых пеллет [14].

Опилки поступают в рабочую зону, в которой они сортируются, далее попадают в бункер и затем в зону прессования, где они подпрессовываются с помощью толкателя. Движение основных формообразующих элементов, роторов осуществляется при передаче движения от двигателя через редуктор. Изготовленные пеллеты выпадают из ячеек ротора на ленту конвейера и далее поступают в контейнер.

Для определения оптимальных режимов работы роторной установки были проведены предварительные исследования [14] на простом приспособлении (рис. 2.5), установленном на прессе ПСУ-250 Н. Приспособление состоит из пуансона 1, прессующего опилки, засыпанные в отверстие матрицы 2 с вложенной тарелкой 3; болта 4, с помощью которого вынимается пеллета.

В качестве исходного материала для изготовления пеллет были взяты ольховые, березовые и сосновые опилки. Эксперименты показали, что пеллеты из ольховых опилок имеют хорошее качество при прессовании 140 кН, сосновых — 80 кН, березовых — 150 кН.

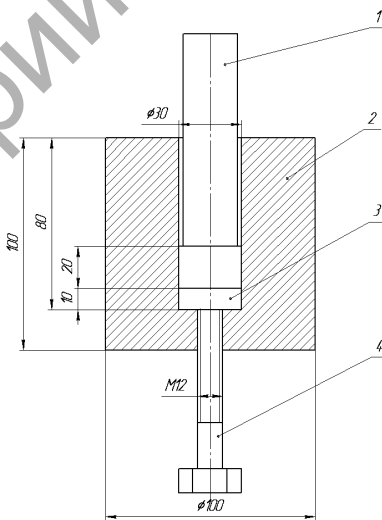
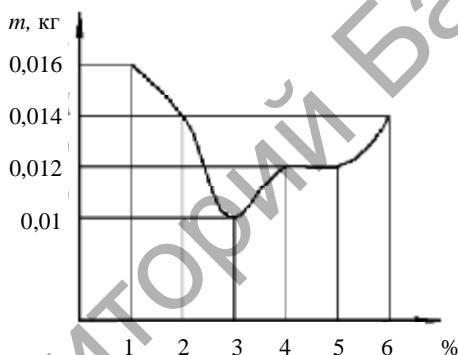


Рисунок 2.5 — Схема экспериментального приспособления



Рисунок 2.6 — Пеллеты, полученные при эксперименте

На качество поверхности пеллет большое влияние оказывает обработанная поверхность отверстия матрицы. При 12-часовом воздействии влажности пеллеты сохраняли свою форму (рис. 2.6). При воздействии огнем — медленно тлели. При исходном объеме опилок в матрице $V = 70,65 \text{ см}^3$ после прессования получаем пеллеты объемом $V = 10,6 \text{ см}^3$. Была измерена масса пеллет при различном соотношении для разного рода опилок (рис. 2.7).



1 — сосновые опилки (100%); 2 — сосновые опилки (50%) + ольховые опилки (50%); 3 — сосновые опилки + ольховые опилки + березовые опилки (в одинаковом количестве); 4 — ольховые опилки (50%) + березовые опилки (50%); 5 — сосновые опилки 50% + березовые опилки (50%); 6 — ольховые опилки (100%)

Рисунок 2.7 — Зависимость массы пеллеты от исходного состава опилок

Давление на опилки нарастает постепенно, достигая максимального значения в конце прессования (рис. 2.8). Испытания пеллет на твердость по Бринеллю показали, что они не обладают высокой твердостью. Даже при небольшом нажатии шарик полностью внедрялся в тело пеллеты. Наибольшей прочностью против разрушения

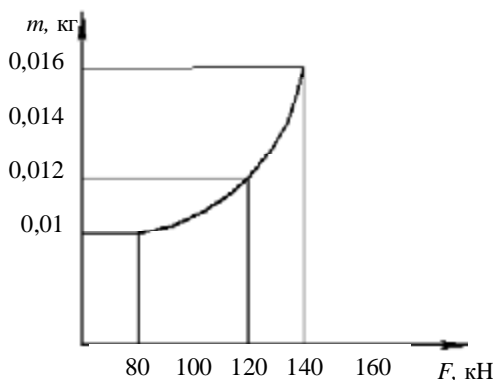
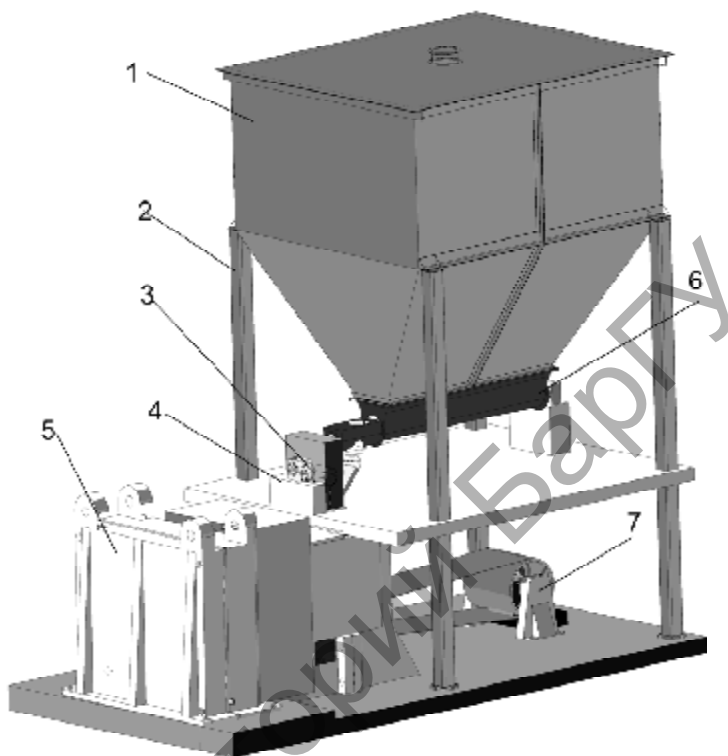


Рисунок 2.8 — Влияние усилия прессования на массу пеллеты

обладают пеллеты, изготовленные из сосновых опилок, так как в них содержится большее количество смолы. При падении пеллеты с высоты 10 м разрушения не происходило. Полученные данные использовались в качестве исходных для проектирования установки роторного типа. Одним из главных исходных параметров для проектирования роторной установки является усилие прессования, которое на основе проведенных экспериментов было принято равным 125 кН (см. рис. 2.8).

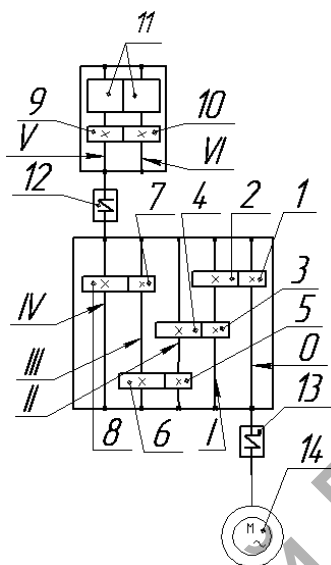
Роторная установка [14] для изготовления пеллет (рис. 2.9) (авторы: студент М. Г. Струков, руководитель В. М. Благодарный) состоит из двух бункеров с циклонами, в которых подготавливаются опилки для прессования. Бункеры и остальные узлы установки укреплены на раме. Подготовка предварительно высушенных опилок состоит в удалении из массы опилок кусков дерева, коры и других крупных объектов. Имеющиеся в бункерах вибросита отсеивают все эти объекты, и в рабочую зону с помощью шнека поступают очищенные опилки для дальнейшей переработки. Рабочая зона представляет собой два вращающиеся друг против друга ротора с имеющимися в них гнездами для пеллет. Гнезда при вращении роторов совпадают, в них попадают опилки, которые предварительно при помощи вертикального ножа-толкателя прессуются.



1 — бункер; 2 — рама; 3 — привод; 4 — роторы; 5 — накопители;
6 — шнек; 7 — транспортер

Рисунок 2.9 — Общий вид установки роторного типа
для изготовления пеллет

Далее роторы окончательно прессуют пеллеты в своих гнездах. Важным условием работы установки является синхронизация вращения роторов, которая обеспечена применением шевронных зубчатых колес, соединенных с роторами. Давление между роторами для получения необходимого давления при прессовании пеллет обеспечивается приводом, состоящим из электродвигателя мощностью 11 кВт, редуктора и шевронных колес, закрепленных с роторами (рис. 2.10). Прессованные пеллеты в виде эллипсоидов попадают на конвейер и направляются в накопители.



0—VI—валы; 1—9—зубчатые колеса;
10—шевронные колеса; 11—рабочие органы (роторы); 12,13—муфта;
14—электродвигатель

Рисунок 2.10 — Схема привода роторной установки

Спроектированная роторная установка для изготовления пеллет имеет следующие характеристики:

- общая энергоемкость установки 12,0 кВт;
- электродвигатель привода установки 4АН160М8У3 $n = 750 \text{ мин}^{-1}$, $N = 11 \text{ кВт}$;
- рабочее напряжение 380 В;
- частота 50 Гц;
- муфта на валу электродвигателя МУВП-40 МН 2096-64 450 Н · м;
- муфта на выходном валу редуктора фирмы *POUILLE* 148 200 Н · м;
- электродвигатель 0,5 кВт для подачи опилок в рабочую зону шнеком;
- электродвигатель на конвейере 0,5 кВт;

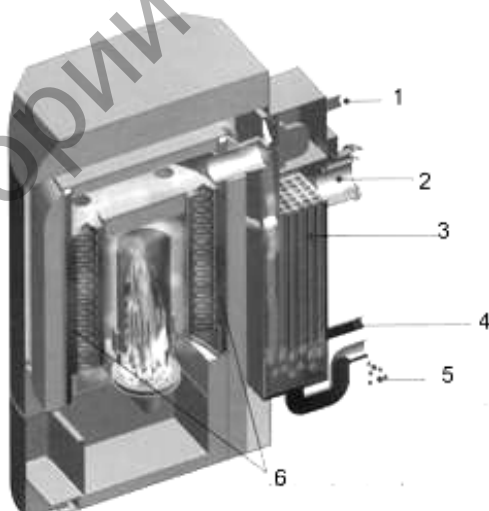
- производительность установки 260...280 т / ч;
- стоимость 1 т пеллет (на 01.01.2010 г.) — 80...100 тыс. бел. р.;
- стоимость 1 т каменного угля (на 01.01.2010 г.) — 140 тыс. бел. р.;
- диаметр и длина пеллеты 30 × 60 мм;
- максимальное удельное усилие прессования 125 кН;
- емкость приемного бункера 0,5 м³;
- габариты 1 800 × 1 500 × 1 000 мм;
- масса 800 кг.

На Западе, а теперь и в России [11], выпускаются промышленные установки для изготовления пеллет, имеющие большую производительность (рис. 2.11) и, соответственно, котлы, которые в качестве топлива используют пеллеты (рис. 2.12).

Изготовление пеллет возможно и в домашних условиях (рис. 2.13).



Рисунок 2.11 —
Промышленная установка
для изготовления пеллет [11]



1 — выход горячего воздуха; 2 — обратный газ (40°С);
3 — тепловая камера; 4 — горячий обратный воздух;
5 — конденсат; 6 — емкости теплой воды (из стали)

Рисунок 2.12 — Котел, использующий
в качестве топлива пеллеты [11]



a)



б)

a — производство пеллет ; *б* — общий вид установки

Рисунок 2.13 — Изготовление пеллет в домашних условиях [11]

Но так как древесные опилки, служащие для изготовления пеллет, должны иметь влажность не более 20%, то их приходится подсушивать. Для этого служат автоматические линии (рис. 2.14), на которых производится предварительная сушка сырья, очистка от инородных тел, грубых сучьев и т. п. В конце линии пеллеты засыпаются в полиэтиленовые мешки и отправляются потребителю (рис. 2.15).

Пеллеты (топливные гранулы) — экологически чистое топливо с содержанием золы не более 3%. При сжигании пеллет в атмосферу выбрасывается ровно столько CO_2 , сколько было поглощено растением во время роста. Однако если в месте произрастания сырья окружающая среда содержит токсины или радиоактивные вещества, то при сжигании пеллет эти вещества могут быть распылены в атмосферу. Низкая влажность — это не только преимущество пеллет как топлива, но и проблема их производства. Сушка может оказаться одной из основных статей расходов при производстве топливных материалов из отходов деревообработки. Кроме того,



Рисунок 2.14 — Линия для изготовления пеллет [11]



Рисунок 2.15 — Пеллеты, готовые к отправке [11]

в зависимости от производства, сбор, сортировка и очистка сырья также могут повлечь дополнительные расходы. Процесс сушки важно тщательно спланировать, что позволит уменьшить риски, связанные с качеством готовой продукции, ее себестоимостью и пожароопасностью производства. Лучшим вариантом является производство биотоплива из сухой стружки.

Пеллеты менее подвержены самовоспламенению, так как не содержат пыли и спор, которые могут вызвать аллергическую реакцию у людей. Одно из важнейших преимуществ пеллет — высокая и постоянная насыпная плотность, позволяющая относительно легко транспортировать этот сыпучий продукт на большие расстояния. Благодаря правильной форме, небольшому размеру и однородной консистенции продукта пеллеты можно пересыпать через специальные рукава, что позволяет автоматизировать процессы погрузки-разгрузки а также сжигания этого вида топлива. Пеллеты отличаются от обычной древесины высокой сухостью (8...12% влаги против 30...50% в дровах) и большей (примерно в полтора раза) плотностью. Эти качества обеспечивают высокую теплотворную способность по сравнению со щепой или дровами (при сгорании тонны пеллет выделяется приблизительно 5 тыс. кВт · ч тепла, что в полтора раза больше, чем у обычных дров). В США в начале 2008 г. производством пеллет было

занято более 80 компаний. Они производили около 1,1 млн т пеллет в год. В 2008 г. в США было продано около 2 млн т пеллет. Порядка 600 тыс. зданий обогреваются пеллетами. Более 20 компаний производят котлы, печи, горелки и другое оборудование для сжигания пеллет. В Финляндии в 2005 г. домашний сектор потребил 70 тыс. т пеллет. Биотопливом обогревались около 7 тыс. зданий. В Финляндии в 2010 г. производство пеллет достигло 1,1 млн т пеллет [11].

К 2020 г. Китай намеревается производить 50 млн т пеллет ежегодно. В 2005 г. из Канады было экспортировано 582,5 тыс. т пеллет. Всего в Канаде в 2008 г. было произведено около 1,3 млн т [11]. Заводы по производству пеллет располагаются главным образом на побережье. Те, которые расположены на западном побережье Канады, производят пеллеты из мягких сортов древесины: ели, сосны. Заводы восточного побережья производят пеллеты из твердых сортов: дуба, клена, вишни и др. Все пеллеты, получаемые в Северной Америке, производятся из высушенных остатков отходов лесоперерабатывающего производства: древесных опилок, стружки, щепы. Добавляют в пеллеты также древесную кору.

Великобритания в 2010 г. довела потребление пеллет до 600 тыс. т. Крупнейшими производителями в странах Европейского союза в 2008 г. стали: Швеция — 1,7 млн т, Германия — 900 тыс. т, Австрия — 800 тыс. т [11].

В России в 2008 г. было произведено 500...600 тыс. т пеллет. Во всем мире производство составило 8...10 млн т [15].

В 2009 г. в России более 100 заводов произвели около 960 тыс. т пеллет. Внутри страны было использовано около 260 тыс. т [15].

В ближайшие 25 лет предполагается, что спрос на древесные пеллеты увеличится в Европе до 200 млн т в год [15]. Через порт Роттердама будет проходить 13...20 млн т пеллет в год. В июле 2010 г. администрация порта Роттердам объявила о совместном проекте с англо-голландской энергетической биржей *APX-ENDEX* [5] по созданию биржи биотоплива.

В России производство пеллет налажено на 150 предприятиях в разных регионах страны. В 2010 г. в России было выпущено порядка 1 млн т пеллет из древесины и лузги. Большая их часть была экспортирована в Европу. При этом, если древесные пеллеты в основном покупают скандинавские страны, а также центральная и северная Европа, то российские пеллеты из лузги закупают только

Великобритания и Польша. Выросли производство и экспорт брикетов. Если в 2009 г., по данным Евростата, было экспортировано порядка 300 тыс. т древесных брикетов из России, то в 2010 г. число значительно выросло [15].

Процесс производства древесных пеллет в России строится по следующей схеме:

1. **Измельчение.** Рубительные машины (дробилки) измельчают древесное сырье до фракции с размерами не более $25 \times 25 \times 2$ мм для дальнейшей сушки.

2. **Сушка.** Древесное сырье перед прессованием должно иметь влажность ($10 \pm 2\%$). Сырье с большей или меньшей влажностью требует доувлажнения или дополнительной сушки. Сушилки делятся на два типа: барабанные и ленточные. Сушилки ленточного типа дороже, но безопасней. По типу применяемого сушильного агента подразделяются на сушилки на топочных газах, горячем воздухе и водяном паре.

Древесная щепка производится путем измельчения тонкомерной древесины или порубочных остатков при лесозаготовках непосредственно на лесосеке или отходов деревообработки на производстве при помощи мобильных рубительных машин или с помощью стационарных рубительных машин (шредеров).

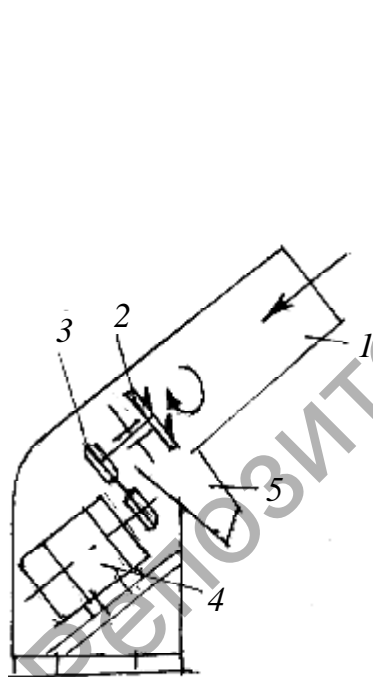
В Европе щепу в основном сжигают на крупных теплоэлектростанциях мощностью от одного до нескольких десятков мегаватт.

Машины, предназначенные для переработки сучьев, веток, листьев, должны обладать следующими свойствами:

- быть передвижными, т. е. машина должна быть доставлена к месту лесозаготовки своим ходом или каким-либо другим транспортным средством, например трактором, автомобилем. Отходы должны перерабатываться на месте, а затем уже транспортироваться к месту производства брикета;
- быть удобными, безопасными и простыми в обслуживании;
- иметь достаточный ресурс, т. е. машины должны в течение смены работать без остановок на перезаточку пил или фрез или по другим причинам;
- легконалаживаемыми, т. е. переналадка должна быть удобной, простой и не занимать много времени;
- универсальными с точки зрения загружаемых отходов, т. е. размеры веток и сучьев должны быть в возможно более широком диапазоне;

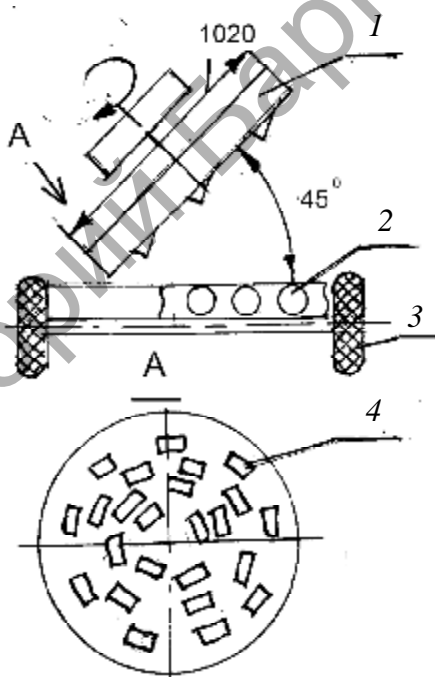
– максимально автоматизированными (или хотя бы полуавтоматизированными).

В литературе имеются сведения о некоторых разработанных машинах для переработки веток, сучьев и листьев [16; 17]. Кроме того, в хозяйственных магазинах продаются бытовые небольшие стационарные устройства для переработки веток, сучьев и листьев в компостную массу. Конструкция такого устройства представлена на рисунке 2.16. Это устройство имеет малую мощность и предназначено для переработки отходов с приусадебного участка.



1 — приемный патрубок; 2 — головка с ножами; 3 — ременная передача; 4 — электродвигатель; 5 — выходной патрубок

Рисунок 2.16 — Устройство для переработки веток, сучьев в домашних условиях

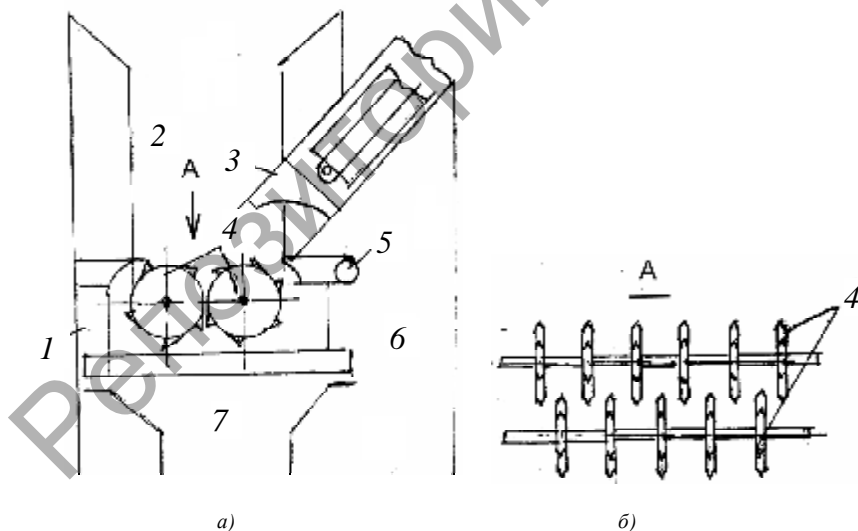


1 — головка с ножами; 2 — механизм подачи; 3 — колеса тележки; 4 — нож; А — вид на головку сверху

Рисунок 2.17 — Подвижное устройство для переработки древесных отходов

На рисунке 2.17 показана конструкция промышленной установки для получения технологической щепы и древесной зелени из веток. Рубильная дисковая машина смонтирована на одноосной колесной платформе, привод осуществляется от трактора (МТЗ или другой марки). Машина имеет двухпозиционный щепопровод, что позволяет отделить щепу из стволовой части дерева от щепы из кроны. Разделение потока производится по команде датчика, расположенного на механизме подачи. Когда дерево подается, стволовая часть проходит датчик, не контактируя с ним, а ветки кроны взаимодействуют с чувствительным элементом датчика, кинематически связанным с приводом заслонки, которая переводится в другое положение, и тогда щепы из кроны направляется к другому выходному отверстию.

На рисунке 2.18 представлена схема немецкой стационарной дробилки для измельчения веток и сучьев. На станине смонтирован корпус дробилки 1, в котором расположена пара литых валов 4 с выступающими заостренными кромками. Кромки одного вала входят



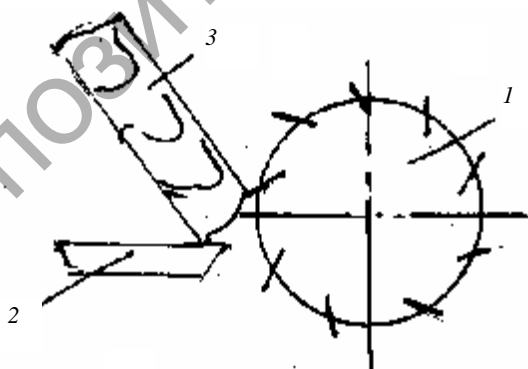
a — общая схема устройства; *б* — вид А; 1 — корпус устройства; 2 — приемный бункер; 3 — гидравлический толкатель; 4 — режущие валки; 5 — противоперегрузочное устройство; 6 — рабочая зона; 7 — выходной бункер

Рисунок 2.18 — Схема стационарного устройства для переработки древесных отходов

в промежутки между режущими кромками второго (рис. 2.18, б). В процессе работы валы медленно вращаются навстречу друг другу. Загружаемый продукт поступает в приемный бункер 2 и прижимается к режущим валкам 4 при помощи гидравлического толкателя 3.

Зубья валков режут поступившими материал на мелкие части. Измельченный материал подается в выходной бункер 7. Во избежание поломки зубьев валов предусмотрено противоперегрузочное устройство 5.

В Венгрии налажен выпуск передвижных дробилок для переработки ветвей и сучьев. Дробилка в нерабочем состоянии размещается вместе с остальными частями (пневматическим транспортером, электроприводом и т. д.) в кузове автомобиля. При необходимости начать работу подъемником дробилка вытягивается из кузова и устанавливается на землю. К выходному отверстию дробилки присоединяется труба пневмотранспортера, который доставляет измельченный продукт в кузов автомобиля. Принцип работы дробилки — это разрезание ветвей на мелкие части фрезерным валиком (рис. 2.19). Ветки подаются в приемный бункер вершиной или концом в зону резания. Имеется еще одна фреза, расположенная за первой, которая еще раз обрабатывает измельченные куски ветвей на еще более мелкие части. Далее измельченный продукт с помощью пневмотранспортера попадает в кузов автомобиля и транспортируется к месту дальнейшей переработки.



1 — головка с ножами; 2 — ветка дерева;
3 — неподвижный нож

Рисунок 2.19 — Принцип работы устройства для переработки отходов (схема)

Серьезным недостатком этой установки является ручная подача ветвей в зону резания. Вибрации и удары от ножей передаются на руки работника, обслуживающего машину. Поэтому работать на этой машине довольно нелегко.

Авторами источника [18] была предложена дробилка для переработки отходов при чистке леса в щепу, которая далее может использоваться для изготовления брикетов. Эта дробилка может быть как стационарной, так и передвижной. При стационарном исполнении в качестве привода служат электродвигатели с ременными передачами, при передвижном исполнении в качестве привода используется раздаточный приводной узел трактора или автомобиля. Измельчение веток происходит в два этапа. Ветки деревьев забрасываются в бункер, там их подхватывают цепные грабли и подводят к фрезам приводного вала. Фрезы разрезают ветки на мелкие отрезки, которые специальными захватами доставляются в зону работы скоростной ударно-режущей дробилки. В машине их установлено две (одна рядом с другой). В скоростных дробилках, меняя выходные решетки, можно получить частицы требуемой величины.

Алгоритм переработки веток представлен на рисунке 2.20. Сначала ветки загружаются в бункер 1, затем происходит их измельчение 2. Далее захваты 3 отправляют эти мелкие куски веток в зону ускоренного дробления 4. С помощью решеток 5 регулируются размеры частиц измельченного продукта, который попадает на выход 6 и далее с помощью ленточного транспортера 7 в кузов автомобиля или какой-либо погрузочной тележки.

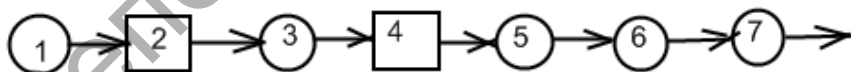


Рисунок 2.20 — Алгоритм переработки ветвей и листьев

Часто применяются также топливный торф, твердые бытовые отходы и т. д.

2.1.1 Биотопливо первого поколения

Члены специальной группы Европейской комиссии «Чистая транспортная система» уже два года работают и, главное, будут намерены реализовать крупномасштабную программу по сокращению выбросов углерода в атмосферу [19]. Проекты вносятся в книгу «Белая транспортная книга» и каждый год дополняются новыми документами и предложениями. В итоге все они отражают стратегию преобразователей Европы. Цель поставлена довольно амбициозная: к 2050 г. снизить выбросы углерода в атмосферу на 80...90%. Главное топливо, которое сегодня обеспечивает транспортные средства, — это почти 100% бензин. Чтобы очистить Европу от углерода, придется почти полностью убрать машины с привычными бензиновыми двигателями. Это и предлагается в документе: «Ни одной машины с традиционным двигателем на улицах Европы к 2050 г.» [19]. Кроме этого, 40% авиационного транспорта предлагается перейти на низкоуглеродное топливо, а морскому транспорту — снизить выбросы парниковых газов на те же 40%. Разработчики концепции полагают, что можно снизить содержание углерода в атмосфере, пересадив половину пассажиров внутри городов с автомобильного транспорта на железнодорожный (в том числе монорельсовый) и таким же образом поступить с половиной международных грузоперевозок на средние расстояния. Таким образом разработчики проекта планируют не только значительно сократить вредные выбросы в атмосферу, но и уменьшить на 60% зависимость Европы от импорта нефти, что тоже немаловажно. «Защита климата и энергетическая безопасность — обе эти цели требуют перестройки; нужно построить свободную от нефти и, в более широком смысле, свободную от парниковых выбросов энергетическую систему. Это планы до 2050 г.», — говорится в инициативном документе «Чистой транспортной системы» [19]. Заменять автомобили транспортом с двигателями на альтернативном топливе рекомендуется постепенно, но начинать необходимо уже сегодня. Одним из главных защитников проекта является С. Каллас, вице-президент Ассоциации транспортных средств, работающих на натуральном топливе и биотопливе. «Ошибочно думать, что единственный путь побороть изменения климата — это сократить движение в Европе. Это невозможно. Но мы можем сломать зависимость

европейского транспорта от нефти и бензина, не жертвуя нашей мобильностью и уменьшением скорости жизни. Это будет двойная победа», — уверенно говорит С. Каллас [20]. Европейский комиссар М. Маэдж ответил на это так: «Массовый выпуск альтернативных автомобилей на топливных батареях или заряжаемых от электричества — вопрос достаточно сложный, так как для выхода на рынок этим товарам потребуется куда больше времени. Если же говорить о машинах, которые работают на природном газе, то эта идея более реалистична. Уже сегодня в Европе хорошо налажено производство двигателей, работающих на природном газе, и за такими машинами стоит довольно большая индустрия» [20]. Как подвел итог С. Каллас, на реализацию проекта по замене машин на бензине на альтернативный транспорт и другие предложения «Чистой транспортной системы», Европейскому союзу потребуется потратить не менее 1,5 трлн евро.

Между тем мировое производство биоэтанола в 2005 г. составило 36,3 млрд л, из которых 45% пришлось на Бразилию и 44,7% — на США. Этанол в Бразилии производится преимущественно из сахарного тростника (рис. 2.21, *а*), а в США — из кукурузы (рис. 2.21, *б*) [21].

В январе 2007 г. в своем ежегодном послании Конгрессу Дж. Буш предложил план «20 за 10», в котором предлагалось сократить потребление бензина на 20% за 10 лет, что позволило бы сократить



а)



б)

а — сахарный тростник; *б* — кукуруза

Рисунок 2.21 — Сырье для производства этанола [21]

потребление нефти на 10%. Также предполагалось заменить биотопливом 15% бензина. Президент США Дж. Буш 19 декабря 2007 г. подписал Закон об энергетической независимости и безопасности (*EISA of 2007*) [6], который предусматривает производство 36 млрд галлонов этанола в год к 2022 г. При этом 16 млрд галлонов этанола будет производиться из целлюлозы — непищевого сырья. Этанол является менее «энергоплотным» источником энергии, чем бензин; пробег машин, работающих на E85 (смесь 85% этанола и 15% бензина; буква «E» от англ. *Ethanol*), на единицу объема топлива составляет примерно 75% от пробега стандартных машин. Обычные машины не могут работать на E85, хотя двигатели внутреннего сгорания прекрасно работают на E10 (некоторые источники утверждают, что можно использовать даже E15). На «настоящем» этаноле могут работать только так называемые «Flex-Fuel» машины («гибкотопливные» машины) [22]. Эти автомобили также могут работать на обычном бензине (небольшая добавка этанола все же требуется) или на произвольной смеси того и другого. Бразилия является лидером в производстве и использовании биоэтанола из сахарного тростника в качестве топлива. Автозаправки в Бразилии предлагают на выбор E20 (или E25) под видом обычного бензина, или *acool*, азеотроп этанола (96% C_2H_5OH и 4% воды; большую концентрацию этанола невозможно получить путем обычной дистилляции). Пользуясь тем, что этанол дешевле бензина, недобросовестные заправки разбавляют E20 азеотропом, так что его концентрация может негласно доходить до 40%. Переделать обычную машину в «flex-fuel» можно, но экономически нецелесообразно [22]. Критики применения этанола в качестве автомобильного топлива зачастую заявляют, что под плантации тростника часто вырубаются тропические леса Амазонки. Но сахарный тростник не растет в бассейне Амазонки. Более серьезным является то, что при сгорании этанола в выхлопных газах двигателей появляются альдегиды (формальдегид и ацетальдегид), наносящие живым организмам не меньший ущерб, чем ароматические углеводороды. Промышленное культивирование и биотехнологическая конверсия морского фитопланктона рассматривается как одно из наиболее перспективных направлений в области получения биотоплива [22].

В начале 1980-х гг. рядом европейских стран совместно разрабатывался проект, ориентированный на создание промышленных

систем с использованием прибрежных пустынных районов. Осуществлению этого проекта помешало общемировое снижение цен на нефть.

Первичное производство биомассы осуществляется путем культивирования фитопланктона в искусственных водоемах, создаваемых на морском побережье.

Вторичные процессы представляют собой метановое брожение биомассы и последующее гидроксילирование метана с получением метанола.

Основными доводами в пользу использования микроскопических водорослей являются следующие:

- высокая продуктивность фитопланктона (до 100 т / га в год);
- в производстве не используются ни плодородные почвы, ни пресная вода;
- процесс не конкурирует с сельскохозяйственным производством;
- энергоотдача процесса на стадии получения метана в два раза выше, чем на стадии получения метанола.

С точки зрения получения энергии данная биосистема имеет существенные экономические преимущества по сравнению с другими способами преобразования солнечной энергии.

Бутанол — $C_4H_{10}O$ (бутиловый спирт) — бесцветная жидкость с характерным запахом, широко используемая в промышленности. В США ежегодно производится 1,39 млрд л бутанола приблизительно на 1,4 млрд дол. США.

Бутанол начал производиться в начале XX в. с использованием бактерии *Clostridia acetobutylicum* [22]. В 50-х гг. из-за падения цен на нефть начал производиться из нефтепродуктов. Бутанол не обладает коррозионными свойствами, может передаваться по существующей инфраструктуре; может, но не обязательно должен, смешиваться с традиционными топливами. Энергия бутанола близка к энергии бензина. Бутанол может использоваться в топливных элементах как сырье для производства водорода.

Сырьем для производства биобутанола могут быть сахарный тростник, свекла, кукуруза, пшеница, маниока. Технология производства биобутанола разработана компанией *DuPont Biofuels*. Компании *Associated British Foods (ABF)*, *BP* и *DuPont* строят в Великобритании завод по производству биобутанола мощностью 20 000 л в год из различного сырья [22]. Диметиловый эфир (C_2H_6O) может производиться как из угля, природного газа, так

и из биомассы. Большое количество диметилового эфира производится из отходов целлюлозно-бумажного производства, сжижается при небольшом давлении. Диметиловый эфир — экологически чистое топливо без содержания серы, содержание оксидов азота в выхлопных газах на 90% меньше, чем у бензина.

Применение диметилового эфира не требует специальных фильтров, но необходима переделка систем питания (установка газобаллонного оборудования, корректировка смесеобразования) и зажигания двигателя. Без переделки возможно применение на автомобилях с LPG-двигателями при 30%-м содержании в топливе. В июле 2006 г. Национальная комиссия развития и реформ (Ndrс, (Китай)) приняла стандарт использования диметилового эфира в качестве топлива. Китайское правительство будет поддерживать развитие диметилового эфира как возможную альтернативу дизельному топливу. В ближайшие 5 лет Китай планирует производить 5...10 млн т диметилового эфира в год.

Департамент транспорта и связи Москвы подготовил проект постановления городского правительства «О расширении применения диметилового эфира и других альтернативных видов моторного топлива» [23]. Автомобили с двигателями, работающими на диметиловом эфире, разрабатывают КАМАЗ, Volvo, Nissan и китайская компания SAIC Motor [24].

Компания «Аэрофьюэлз» приступила к строительству мини-завода по производству авиакеросина в районе г. Усть-Кута Иркутской области (рис. 2.22) [25]. Авиатопливо будет производиться по новейшей технологии *wood-cracking* из древесины различных пород. Передовая технология была специально разработана мировыми институтами для России, богатой древесиной. Российская компания «Аэрофьюэлз» первая взяла ее на вооружение. Стоимость патента составила 2,5 млн дол. США.

Инновационная технология позволит изготавливать из лиственных пород авиатопливо марки ТС-1, а из сосновых — РТ. Объем производства к 2012 г. планируется довести до 100 тыс. т в год. На втором этапе модернизации завода компания планирует производство авиакеросина марки Jet-A1 из кедровых пород дерева. Авиакеросин, произведенный из древесных пород, относится к биотопливу второго поколения, поскольку, в отличие от традиционных этанола и растительных масел, древесина не относится к продуктам питания



Рисунок 2.22 — Строительство мини-завода
в г. Усть-Кута [25]

и не может стать причиной голода в бедных регионах мира. Данный проект группа «Аэрофьюэлз» реализует в рамках программы Международной ассоциации воздушного транспорта (*International Air Transport Association, IATA*) по снижению эмиссии выбросов в авиатрасле [25]. Авиационное биотопливо уже применяется рядом авиакомпаний. Его международная сертификация завершилась в первом квартале 2011 г. Основными выгодами использования авиакомпаниями биотоплива станут снижение объема выделяемых парниковых газов и улучшение экологии.

Биодизель — топливо на основе жиров животного, растительного и микробного происхождения, а также продуктов их этерификации [26]. Для получения биодизельного топлива используются растительные или животные жиры. Сырьем может быть рапсовое, соевое, пальмовое, кокосовое масло или любое другое масло-сырец, а также отходы пищевой промышленности. Разрабатываются технологии производства биодизеля из водорослей.

2.1.2 Биотоплива второго поколения

Биотоплива второго поколения — топлива, полученные различными методами пиролиза биомассы, или другие топлива, отличные от метанола, этанола, биодизеля (рис. 2.23).



Рисунок 2.23 — Завод пиролиза биомассы в Австрии [26]

Быстрый пиролиз позволяет превратить биомассу в жидкость, которую легче и дешевле транспортировать, хранить и использовать. Из жидкости можно произвести автомобильное топливо или топливо для электростанций (см. рис. 2.23).

Из биотоплив второго поколения, продающихся на рынке, наиболее известны *BioOil* производства канадской компании *Dynamotive* и *SunDiesel*, германской компании *CHOREN Industries GmbH* [27].

По оценкам Германского Энергетического Агентства (*Deutsche Energie-Agentur GmbH*) [28] при ныне существующих технологиях производство топлива пиролизом биомассы может покрыть 20% потребностей Германии в автомобильном топливе. К 2030 г., с развитием технологий, пиролиз биомассы может обеспечить 35% германского потребления автомобильного топлива. Себестоимость производства составит менее 0,80 евро за литр топлива.

Создана «Пиролизная сеть» (*Pyrolysis Network (PyNe)*) — исследовательская организация, объединяющая исследователей из 15 стран Европы, США и Канады [29].

Южная Африка намерена освоить азы производства этанола для удовлетворения спроса на «зеленое топливо» в странах Евросоюза. В Южно-Африканской Республике (ЮАР) есть все условия для этого, поскольку страна славится богатыми урожаями сахарного тростника. В планы правительства ЮАР входит расширение рамок использования сахарного тростника и начало изготовления этанола. К 2013 г. власти Южной Африки планируют добиться изготовления топлива в объеме 400 млн л в год. Между тем в ЮАР нашлись противники этой идеи, поскольку это будет являться сдерживающим фактором в развитии сахарной промышленности. Сельскохозяйственные поля для насаждений тростника сведены к минимуму, а применять часть урожая для изготовления топлива непозволительно для сахарных заводов страны [30].

К чемпионату Евро-2012 Украина планирует первой среди стран Восточной Европы внедрить общественный транспорт на биотопливе, что положительно повлияет на экологию и экономику городов, где будет проходить это мероприятие. Цена биотоплива приблизительно такая же или ненамного ниже, чем у традиционного горючего. При этом затраты этанола несколько выше, но, в зависимости от процентного соотношения данной добавки в бензине, они могут увеличиваться до 50% [31].

Следует добавить, пока еще нет четкой системы подсчета амортизации автомобиля, который работает на биотопливе. В связи с этим могут возникнуть разногласия и недоразумения при выплате по автостраховке. Безусловно, если украинский транспорт перевести на биологическое топливо, это позволит улучшить экологию страны. К тому же внедрение альтернативной энергетики положительно повлияет на имидж Украины как цивилизованного европейского государства. Если украинские реалии окажутся не настолько радужными, то можно будет переориентироваться на экспорт: в Европе спрос на «экологическое» дизельное топливо высок. А в Украине сегодня существуют возможности для производства до 150 тыс. т биоэтанола в год [32].

Специалисты Американского союза этанола утверждают, что любой автомобиль без последствий можно заправлять смесью, которая на 10% состоит из биотоплива (рис. 2.24) [33]. При этом октановое число горючего повышается на 2-3 единицы и эффективность двигателя не снижается. Альтернативное топливо используют даже в гонках Ла-Манш. Среди преимуществ использования биотоплива и то, что

авто не нужно к нему адаптировать, а расходы на техническое обслуживание «зеленого» автомобиля не увеличиваются. Биологическое и традиционное топливо взаимозаменяемы, и по желанию, транспортное средство без проблем переводят с одного вида горючего на другой. Что касается биодизеля, то, по данным американской компании производителя *Pacific Biodiesel* [34], у него лучшие смазывающие свойства, чем у дизельного топлива. При использовании биодизеля снижается износ деталей и увеличивается общий ресурс двигателя.



Рисунок 2.24 — Исследование качества биотоплива [26]

Но это одна сторона медали. Результаты исследований использования биотоплива говорят и о негативном опыте. Основным недостатком биотоплива в том, что оно пагубно влияет на резиновые детали и ускоряет коррозию металла. Могут повредиться топливный насос и топливные шланги. Поэтому детали топливной системы у автомобилей, выпущенных до 1993 г., по данным британской экспертной компании *Whatgreencar* [35], были изготовлены из натурального каучука. Также в холодное время года запуск двигателя может быть усложнен. И хотя это касается использования чистого биотоплива, множество зарубежных автодилеров устанавливают предельно допустимую норму содержания биодобавок в топливной смеси — 5%. Если этот показатель более высокий, автовладельцу могут отказать в гарантийном обслуживании. При использовании биодизеля двигатель теряет до 2% мощности. Кроме того, после первой заправки мотор иногда «глохнет». Это объясняется тем, что биотопливо быстро растворяет обветшалые шлаковые отложения в баке и топливной системе, потому топливный фильтр засорится.

Концерн *Shell* предложил немецким водителям застраховать автомобили, если они заправят их экологичным бензином E10, содержащим 10% растительного этанола [36] (об этом сообщает *Spiegel*). Таким образом *Shell* пытается стимулировать спрос на E10, выведение которого на немецкий рынок потерпело неудачу.

Несмотря на все усилия властей по популяризации нового топлива, большинство водителей боятся, что E10 испортит двигатель, и используют 98-й *Super Plus* с 5% этанола.

Получить бесплатную страховку от *Shell* может любой водитель, заливший на фирменной заправке не менее 30 л E10. При этом существует ряд условий: машина не должна быть старше 1996 г. выпуска, а у водителя должно быть на руках подтверждение от автопроизводителя, что в нее можно заливать бензин E10.

В дальнейшем, если экспертиза подтвердит, что поломка связана с использованием E10, *Shell* обязуется полностью взять на себя расходы по ремонту. Срок действия страховки составляет полтора года. Компания уже запустила специальный сайт, где автовладельцы могут подробно ознакомиться с условиями страхования.

Концерн *Total* [37], в свою очередь, сократил производство не пользующегося спросом экологичного бензина E10, одновременно увеличив объемы производства *Super Plus* с 5% этанола. Представители концерна отметили, что, как и раньше, будут предлагать автовладельцам E10, однако подчеркнули, что при всем желании не смогут соблюсти квоты на продажу «зеленого бензина», установленные федеральными властями. Как отмечает *Spiegel*, правительство требует, чтобы в 2011 г. 6,25% от общего объема проданного топлива пришлось на E10.

Напомним, в начале 2011 г. на немецких автозаправочных станциях стартовали продажи E10. В соответствии с планами правительства «зеленый бензин» со временем должен полностью заменить дешевый 95-й бензин (*Super*) и стать «базовым» топливом. Однако появление E10 на рынке обернулось настоящим бензиновым кризисом: 70% водителей предпочли заправляться 98-м бензином *Super Plus*. На заправках возникли перебои с *Super Plus*, а хранилища оказались заполнены невостребованным E10.

Биогаз — продукт сбраживания органических отходов (биомассы), представляющий смесь метана и углекислого газа. Разложение биомассы происходит под воздействием бактерий класса метаногенов.

Биводород — водород, полученный из биомассы термохимическим, биохимическим или другим способом, например, водорослями.

Метан синтезируется после очистки от всевозможных примесей так называемого синтетического природного газа из углеродосодержащего твердого топлива, такого как уголь или древесина. Этот

экзотермический процесс происходит при температуре от 300 до 450°C и давлении 1...5 бар в присутствии катализатора. В мире уже имеется несколько введенных в эксплуатацию установок получения метана из древесных отходов.

2.1.3 Биотоплива третьего поколения

Биотоплива третьего поколения — топлива, полученные из водорослей.

Департамент энергетики США с 1978 г. по 1996 г. исследовал водоросли с высоким содержанием масла по программе «Aquatic Species Program» [38]. Исследователи пришли к выводу, что Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико пригодны для промышленного производства водорослей в открытых прудах. В течение шести лет водоросли выращивались в прудах площадью 1 000 м². Пруд в Нью-Мексико показал высокую эффективность в поглощении CO₂. Урожайность составила более 50 г водорослей с 1 м² в день. Топливо, которого будет достаточно для годового потребления 5% автомобилей США, могут производить 200 тыс. га прудов, а 200 тыс. га — это менее 0,1% земель США, пригодных для выращивания водорослей. У технологии еще остается множество проблем. Например, водоросли любят высокую температуру, для их производства хорошо подходит пустынный климат, но требуется некоторое температурное регулирование при ночных перепадах температур. В конце 1990-х гг. технология не попала в промышленное производство из-за низкой стоимости нефти.

Кроме выращивания водорослей в открытых прудах, существуют технологии выращивания водорослей в малых биореакторах, расположенных вблизи электростанций. Сбросовое тепло ТЭЦ способно покрыть до 77% потребности в тепле, необходимом для выращивания водорослей. Эта технология не требует жаркого пустынного климата.

Ряд микроорганизмов, например *Botryococcus braunii*, способны накапливать до 40% углеводорода общего сухого веса продукта [39]. В основном они представлены изопреноидными углеводородами.

Критики развития биотопливной индустрии заявляют, что растущий спрос на биотопливо вынуждает сельхозпроизводителей сокращать посевные площади под продовольственными культурами

и перераспределять их в пользу топливных. Например, при производстве этанола из кормовой кукурузы барда используется для изготовления комбикорма для скота и птицы. При получении биодизеля из сои или рапса жмых используется для изготовления комбикорма для скота, т. е. производство биотоплива создает еще одну стадию переработки сельскохозяйственного сырья.

По расчетам экономистов из университета Миннесоты, в результате биотопливного бума число голодающих на планете к 2025 г. возрастет до 1,2 млрд человек [40]. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН в своем отчете за 2005 г. говорит о том, что рост потребления биотоплив может помочь диверсифицировать сельскохозяйственную и лесную деятельность, улучшить безопасность пищевых продуктов, способствуя экономическому развитию. Производство биотоплив позволит создать в развивающихся странах новые рабочие места, снизить зависимость этих стран от импорта нефти. Кроме того, производство биотоплив позволит вовлечь в оборот ныне неиспользуемые земли. Например, в Мозамбике сельское хозяйство ведется на 4,3 млн га из 63,5 млн га потенциально пригодных земель [40].

В настоящее время в Украине рассматривается вопрос использования земель, пострадавших от чернобыльской катастрофы, для выращивания растений, пригодных для получения биотоплива. Проблема, однако, состоит в том, что необходимо сделать так, чтобы полученное биотопливо не содержало радиоактивных веществ.

Внедрение биотоплива имеет и негативные последствия. В ближайшее время хлебобулочные изделия в Германии подорожают на 5...10%, а мясо и молоко — на 15...20% [41]. Причиной этому становится государственная политика Европейского союза и других развитых стран по массовому переводу транспорта на биотопливо. Об этом сообщает агентство AFP со ссылкой на заявление представителей пищевой промышленности.

В Индонезии и Малайзии для создания пальмовых плантаций была вырублена немалая часть тропических лесов. Причиной стала гонка за производством биодизеля — топлива, созданного на основе растительных или животных жиров, в качестве альтернативы дизельному топливу (рапсовое масло в качестве топлива может использоваться в чистом виде). Невысокая себестоимость и небольшие энергозатраты — то, что нужно для производства альтернативного топлива из полутехнических масличных культур.

По оценкам *Worldwatch Institute*, в 2007 г. во всем мире было произведено 54 млрд л биотоплив [42], что составляет 1,5% от мирового потребления жидких топлив. Производство этанола составило 46 млрд л. США и Бразилия производят 95% мирового объема этанола.

В 2007 г. Верховная рада Украины приняла проект закона о переходе на биотопливо до 2010 г. всего транспорта украинских городов с населением свыше 500 тыс. человек [32].

В Мексике прошли испытания биотоплива для самолетов, полученного из растений. Это топливо экологически чистое. Первый полет на нем был успешным. В испытаниях участвовали представители мексиканской авиакомпания *Interjet* и европейской *Airbus* [43]. Самолет мексиканских авиалиний *Airbus A 320-214* совершил перелет из Мехико в Тукстла-Гутьеррес, расположенный на юге Мексики (рис. 2.25).

Ожидается, что с 2015 г. промышленность страны сможет производить до 40 млн л биотоплива в год. Это покроеет потребности в топливе лишь на 1%. Но к 2020 г. производство возрастет до 700 млн л. Природные условия Мексики значительно отличаются от других стран: здесь имеются растения, из которых можно производить новое экологичное топливо для самолетов. Эти растения замечательны еще и тем, что растут на почве, непригодной для сельскохозяйственных культур.

Пока же, как признают организаторы испытаний, биотопливо слишком дорого. Но со временем его производство станет дешевле.

Военно-воздушные силы США провели испытания истребителя *Lockheed Martin F-22 Raptor*, в баки которого было добавлено



а)



б)

Рисунок 2.25 — Самолет, использующий биотопливо [43]

биотопливо. В ходе испытаний самолет сумел преодолеть звуковой барьер, достигнув скорости в 1,5 числа Маха (1,7 тыс. км / ч). Испытания истребителя на возможность использования биотоплива начались 18 марта 2010 г., однако известно об этом стало только в настоящее время. По данным ВВС США, испытания прошли успешно. Программа испытаний F-22 на биотопливе включает в себя серию запуска двигателей в полете, управляемость, а также поведение самолета на разных режимах, высотах и скоростях полета. Максимальная высота полета самолета в ходе испытаний составила 12,1 тыс. м. Во время испытания также была подтверждена возможность F-22 совершать полеты на крейсерской сверхзвуковой скорости, при которой не используется форсажная камера. В баки F-22 заливают топливную смесь из биотоплива, произведенного из рыжика, и обычного JP-8. В настоящее время ВВС США реализуют программу, направленную на сокращение потребления обычного топлива в два раза [43]. В рамках программы все самолеты на вооружении ВВС США должны получить сертификаты на использование биотоплива к 2012 г. Испытательные полеты на биотопливной смеси выполняют и некоторые другие самолеты ВВС США. Так, испытания уже прошли штурмовик *A-10 Thunderbolt II*, *F / A-18 Super Hornet*, *MH-60S Seahawk* и *C-17 Globemaster III*. Военные рассматривают несколько вариантов создания биотоплива: из рыжика, угля и животного жира. В настоящее время испытатели склоняются к биотопливу из рыжика, поскольку это растение неприхотливо, а для его выращивания не требуются значительные финансовые вложения. Кроме того, при производстве топлива из рыжика, растительные отходы, в которых содержатся протеин и полиненасыщенные жирные кислоты Омега-3, можно использовать в качестве пищевой добавки для скота. Применение этих отходов уже одобрило Министерство сельского хозяйства США [43].

Европейский концерн *Airbus* достиг соглашения с авиакомпанией *Iberia* (Испания) и правительством Испании, согласно которому стороны проведут необходимые исследования по организации производства биотоплива, которое могло бы использоваться испанскими перевозчиками, пишет *Flightglobal* [44].

Первой фазой проекта будет технико-экономическое обоснование, в то время как после второй фазы самые лучшие решения будут воплощены в демонстраторы технологий.

В ходе третьей фазы реализации проекта, которая должна стартовать в 2014 г., стороны постараются наладить производство выбранного вида биотоплива. В начале марта 2011 г. компания *Airbus* подписала подобное соглашение с румынской авиакомпанией *Tarom* [45]. Соглашение предусматривает строительство завода в Румынии, который будет производить авиационное биотопливо. Компания *Airbus* [43] рассчитывает построить, по крайней мере, по одному такому заводу на каждом континенте.

В частности, сообщается, что уже ведутся работы по созданию таких проектов в Азии и Африке, а официальные заявления должны быть сделаны до 2012 г. Южная Африка займется производством биотоплива из сахарного тростника [30].

Подавляющее большинство немцев не хотят заправляться новым биотопливом E10 с 10%-м содержанием этанола (это вдвое выше, чем в обычном бензине). Из-за нового бензина на заправках образовались очереди: теперь популярный бензин E95 стал дефицитом.

Новая марка бензина была введена в Германии в конце февраля 2010 г. в связи с новыми правилами ЕС. Эксперты утверждают, что из-за высокого содержания в бензине этанола некоторые моторы могут заржаветь. Введением нового бензина недовольно подавляющее большинство немцев: согласно данным опроса газеты *Bild*, 94% жителей Германии не собираются заправляться биотопливом. Возмущенные автолюбители называют новое топливо «подсолнечным маслом», которым они не будут заправлять свои авто [46].

Правительство Казахстана определило предельные объемы производственных мощностей по производству биотоплива: в 2011 г. республика планирует его производство в пределах 2,8 млрд л. На 2012 г. предельный объем производства биотоплива определен в 3 080 млн л, на 2013 г. — 3 150 и на 2014 г. — 3 220 млн л [47].

Во многих городах Скандинавии и Западной Европы ради обеспечения чистоты городского воздуха на улицы выпустили автобусы, работающие на биометане. В Тарту во время последнего тендера по покупке автобусов для нужд предприятий общественного транспорта действовало требование, чтобы автобусы ездили на метане. В будущем в Тарту откроется газовая заправка, автобусы уже приобретены.

В строящемся в Рапламаа новом жилом и коммерческом районе Оксфорд Парк (рис. 2.26) будет открыта универсальная заправка *FuelBar* [48], на которой транспортные средства можно будет



Рисунок 2.26 — Район Оксфорд Парк в Эстонии [48]

заправлять электроэнергией, биотопливом, метаном, биодизелем, газом и бензином, и где будет существовать возможность для подзарядки аккумуляторов.

Благодаря местной теплоэлектростанции на биомассе в *FuelBar* будут низкие цены на заправку электроэнергией. На универсальной заправке *FuelBar* имеются следующие технологии, позволяющие обеспечить заправку автомобилей и других транспортных средств: быстрая заправка электроэнергией, стандартная заправка электроэнергией, выбор постоянного или переменного тока, замена электроаккумуляторов, заправка метаном, газом, дизелем, бензином, биотопливом с низким и высоким октановым числом, биодизелем, этанолом из целлюлозы, заправка водородным топливом и топливными элементами. На заправке будет предусмотрено дополнительное пространство для будущих видов топлива по мере их появления.

Так как *FuelBar* Оксфорд Парка расположен рядом с теплоэлектростанцией на биомассе, то заправка электроэнергией будет стоить лишь чуть больше себестоимости. По произведенным расчетам использование только электроэнергии позволяет снизить расходы жителей и предприятий Оксфорд Парка на транспорт более чем в 100 раз. Кроме того, нет загрязнения окружающей среды, так как электроэнергия производится на месте из восстанавливаемых природных источников.

С внедрением в эксплуатацию *FuelBar* и заправки электроэнергией Оксфорд Парк станет первым и единственным на сегодняшний

день в Эстонии полностью современным проектом развития, который поддерживает использование электрических транспортных средств с низкими расходами на топливо [48].

2.2 Разделение газовых топлив.

Основные параметры и теплотехнические расчеты

2.2.1 Разделение газовых топлив

Классификация газовых топлив различна (в зависимости от автора) [5]. При этом их разделение не стандартизировано согласно стандарта STN. Промышленные газы по виду использования делятся на несколько групп (рис. 2.27).

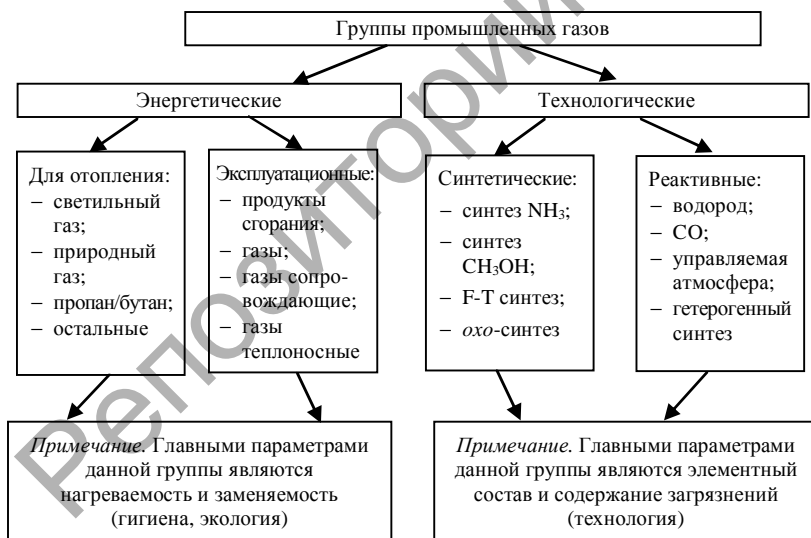


Рисунок 2.27 — Классификация промышленных газов (по [49] с изменениями)

Примечание. В качестве топливных газов можем принять газы чисто локальные, отработанные или как технологические отходы. К этой группе можно отнести газы генераторные, печные, рафинированные, конверторные и др.

Газовые топлива можно разделить также по их происхождению (рис. 2.28).

Третьим критерием, по которому можно делить отапливаемые газы, является их теплотворность (табл. 2.2).

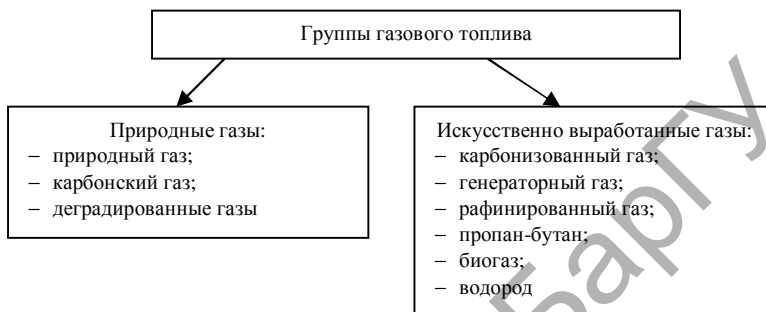


Рисунок 2.28 — Классификация газовых топлив по их происхождению (по [49] с изменениями)

Примечание. Деградированные газы такого же происхождения, как и природный газ. Различие лишь в меньшей доле горючих элементов и большем количестве инертных составляющих (N_2 , CO_2).

Т а б л и ц а 2.2 — Классификация отапливаемых газов по теплотворности

Отапливаемый газ	Обозначение	Теплотворность	
		МДж / м ³	Ккал / м ³
Малой теплотворности (печной, конверторный)	МВ (ПГ, КГ)	Менее 8,37	Менее 2 000
Средней теплотворности (водный)	Св (ВГ)	8,37...12,56	2 001...3 000
Большой теплотворности (коксовый, светильный газ)	ВВ (КоГ, СГ)	12,56...20,93	3 001...5 000
Очень высокой теплотворности (природный газ, пропан-бутан)	ВВВ (ПрГ, ПБ)	Более 20,93	Более 5 000
<p><i>Примечание.</i> МВ — малая величина; Св — средняя величина; ВВВ — очень большая величина; ПГ — печной газ; КГ — конверторный газ; ВГ — водный; КоГ — коксовый газ; СГ — светильный газ; ПрГ — природный газ; ПБ — пропан-бутан.</p>			

2.2.2 Теплотехнические расчеты

В газовых, твердых и жидких топливах необходимо знать взаимные переводы тепловых единиц. Некоторые выбранные такие единицы приведены в таблицах 2.3—2.5.

Иногда можно интерпретировать отношения и дальше, зная, что речь идет не о самой точной оценке. Теплотворность всех элементов, за исключением водорода, зависит также от их состава, который колеблется. Если данные отнесены на объемную единицу (м^3), необходимо в конкретном случае придать и условия (температуру, давление).

Т а б л и ц а 2.3 — Таблица перевода тепловых единиц [5]

	ТУТ	ккал	МДж	кВт · ч	м^3 СГ	м^3 КоГ
ТУТ	1	$7 \cdot 10^6$	$29,3 \cdot 10^3$	8 140,3	2 029	1 913
ккал	$1,4285 \cdot 10^{-7}$	1	$4,1868 \cdot 10^{-3}$	$1,629 \cdot 10^{-3}$	$2,899 \cdot 10^{-3}$	$2,732 \cdot 10^{-4}$
МДж	$3,412 \cdot 10^{-5}$	238,85	1	0,2778	$6,923 \cdot 10^{-2}$	$6,526 \cdot 10^{-2}$
кВт · ч	$1,2284 \cdot 10^{-4}$	859,85	3,6	1	0,2492	0,2349
м^3 СГ	$4,292 \cdot 10^{-4}$	3 450	14,444	4,012	1	0,9426
м^3 КоГ	$5,229 \cdot 10^{-4}$	3 660	15,324	4,257	1,0609	1
<i>Примечание.</i> СГ — светильный газ; КоГ — коксовый газ. Устаревшие единицы (ккал) введены лишь для облегчения изучения старой литературы.						

Т а б л и ц а 2.4 — Таблица перевода [5]

	м^3 ПГ	м^3 ВПГ	кг нефть	м^3 ПГ	кг ВГ	м^3 H_2
м^3 ПГ	1	8,796	0,8023	0,3143	0,7255	3,1075
м^3 ВПГ	0,114	1	$9,148 \cdot 10^{-2}$	$3,584 \cdot 10^{-2}$	$8,273 \cdot 10^{-2}$	0,3544
кг нефть	1,246	10,931	1	0,3918	0,9043	3,8734
м^3 ПГ	3,182	27,901	2,5525	1	2,3082	9,8871
кг ВГ	1,378	12,088	1,1059	1,4332	1	4,2835
м^3 H_2	0,3218	2,822	0,2582	0,1011	0,2335	1
<i>Примечание.</i> ВПГ — печной газ высокой теплотворности.						

Т а б л и ц а 2.5 — Таблица перевода [5]

	м ³ ПГ	м ³ ВПГ	кг нефть	м ³ СГ	кг ВГ	м ³ Н ₂
ТУТ	800,77	7 234	665,9	273,1	654,1	2 717
ккал	$1,144 \cdot 10^{-4}$	$1,034 \cdot 10^{-3}$	$0,951 \cdot 10^{-4}$	$3,911 \cdot 10^{-5}$	$9,386 \cdot 10^{-5}$	$2,899 \cdot 10^{-3}$
МДж	0,027	0,245	$2,273 \cdot 10^{-2}$	$9,341 \cdot 10^{-3}$	$2,240 \cdot 10^{-2}$	$9,274 \cdot 10^{-2}$
кВт · ч	0,0984	0,8888	$8,181 \cdot 10^{-2}$	$3,336 \cdot 10^{-2}$	$8,070 \cdot 10^{-2}$	0,3338

Важно также знать данные, необходимые для расчета и изучения литературных источников (табл. 2.6).

Далее необходимо объяснить некоторые сокращения и символы, связанные с оценкой топлив. Сокращение ТУТ для одной тонны удельного топлива при идеальной теплотворности 7 000 ккал / кг соответствует 29,3 МДж / кг. В английской версии соответствует сокращению *ce-coal equivalent* и сокращению *oe-oil equivalent*. Это соответствует идеальной теплотворности 1 кг нефти. В немецком языке используется сокращение *SKE (Steinkohleneinheit)*, выражающее угольный эквивалент.

Для оценки энергетических источников XII Мировой энергетический конгресс [50] принял в 1991 г. единицу 1 ТУТ = 44 ГДж, а позже XVII Мировой газовый конгресс в 1996 г. подтвердил следующие единицы:

1 т нефти = 0,952 ТУТ;

1 тмт = 2 / 3 ТУТ;

1 000 м³ ПГ = 36,6 ГДж = 0,832 ТУТ;

1 т черного угля = 1 тмт;

1 т черного угля = 0,3...0,6 тмт (в разных странах это значение отличается).

Т а б л и ц а 2.6 — Обозначения единиц [5]

Обозначение	Пример
Мега (10 ⁶)	1 МДж = 10 ⁶ Дж
Гига (10 ⁹)	1 ГДж = 10 ⁹ Дж
Терра (10 ¹²)	1 ТДж = 10 ¹² Дж
Пета (10 ¹⁵)	1 ПДж = 10 ¹⁵ Дж
Экса (10 ¹⁸)	1 ЕДж = 10 ¹⁸ Дж

Так как большая часть специальной и научной книжной и периодической литературы в области топлив и энергетики издается на английском языке, то далее авторами будут использованы некоторые традиционные английские единицы:

1 therm = 10^5 BTU (British Thermal Unit);
1 BTU = 1,05 кДж;
1 quad = 10^{15} BTU ... 1 Q = 10^{15} BTU;
1 TCE = $27,778 \cdot 10^6$ BTU = 1 ТУТ (угля);
1 ТУТ = $39,683 \cdot 10^6$ BTU = 1 ТУТ (нефти);
1 EJ = 0,947817 Q;
1 BTU / p = 2 326 Дж / кг; 1 p / 1 b = 0,4536 кг;
1 BTU / p = 2,356 кДж / кг.

Производные английские единицы для газов следующие:

1 000 BTU / scf = 37,245 МДж / м³ = 8 896 ккал / м³;
1 cf = cubic feet = 0,0283 м³;
1 Mcf = 10³ foot = 28,317 м³;
1 Mmcf = 10⁶ cf = 28,317 · 10³ м³;
1 Bcf = 10⁹ cf = 28,317 · 10⁶ м³ и т. д.

2.2.3 Основные величины

Состояние вещества определяется набором выбранных соответственным образом и непосредственно измеренных физических величин, независимых от вида вещества. Наряду с плотностью и химическим составом отдельных фаз есть величины, изменения которых описывают ход энергетических перемен, протекающих в веществе или в системе веществ в данных ограниченных условиях.

Характерной величиной теплового состояния является *температура T*. Другими величинами состояния являются те величины, которые изменяются с изменением температуры: *удельный объем* $v = 1 / \rho$ и *измеряемое давление p*. Величины p , v , T называются величинами состояния. Эти величины взаимно зависимы. Их зависимость выражается уравнением состояния. Это уравнение пригодно лишь для равновесного состояния.

Из непосредственно измеренных величин состояния можно рассчитать так называемую тепловую величину состояния, которая не может быть непосредственно измерена: внутренняя энергия, энтальпия, энтропия. Производными величинами, обязательными для оценки газов, являются: масса, плотность, измерительная масса, вязкость, проточность, количество вещества и др.

Температура является физической величиной, определяющей путь перехода тепла между двумя системами. В Словакии и в Европе используемой измерительной единицей является градус Цельсия (°C), определяемый как одна сотая теплового раздела между точкой кипения и точкой парообразования воды.

Абсолютная термодинамическая ступень Кельвина выражается прибавлением константы (постоянной) 273,15 к температуре в градусах Цельсия, т. е.

$$100^{\circ}\text{C} = 100 + 273,15 = 373,15^{\circ}\text{K}.$$

Давление — это сила, которая действует на единицу плоскости. Основной единицей является Паскаль (Па), определяемый отношением количества вещества N к площади (м^2):

$$\frac{N}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} / \text{м}^2 = \text{кг} / (\text{м} \cdot \text{с}^2).$$

Расчеты в отношении других единиц приведены в таблице 2.7.

Объем — это пространственная величина, основной единицей является кубический метр (м^3). Применяют также его дробные части и производные.

Т а б л и ц а 2.7 — Расчет единиц давления [5]

Единица измерения	Эквивалент в Па
кг / м ²	9,81
ат (техническая атмосфера)	9,80665 · 10 ⁴
атм (физическая атмосфера)	101325
мм водного столба	9,80665

Энергия — это произведение силы и пути, по которым сила действует. Различаем механическую, тепловую, электрическую, химическую формы энергии. Основной единицей является Джоуль, определяемый как $(\text{кг} \cdot \text{м}^2) / \text{с}^2$. Отношение Джоуля к другим единицам энергии приведено в таблице 2.8.

Количество вещества определено в системе СИ как моль. Моль некоторого вещества соответствует молекулярной массе этого вещества в граммах.

Плотность определяет массу объемной единицы данного вещества. Зависит от температуры и давления — величин, характеризующих состояние вещества. Обычно используемой единицей является $\text{кг} / \text{м}^3$ ($\text{г} / \text{см}^3$).

Проток — это количество протекающей жидкости или газа в единицу времени. Объемный проток ($\text{м}^3 / \text{ч}$) зависит от температуры и давления. Массовый проток ($\text{кг} / \text{ч}$) и молярный проток ($\text{моль} / \text{ч}$) не зависят от величин состояния вещества.

Состав газовых смесей выражается в процентах всего объема, массы или в виде дробного числа. Для очень низких концентраций применяют единицы ppm (*parts per million*), соответственно ppb (*parts per billion*).

2.2.4 Некоторые физико-химические свойства газов

Тепловая способность — это количество тепла, необходимого для нагрева единичного количества некоторого вещества. Различается тепловая способность при постоянном давлении c_p с размерностью Дж ($\text{кг} / ^\circ\text{К}$), соответственно молярного тепла Дж ($\text{моль} / \text{К}$).

Т а б л и ц а 2.8 — Расчет единиц энергии [5]

Единица измерения	Эквивалент в Па
кг · м	9,81
кВт · ч	$3,6 \cdot 10^6$
1 атм	101,33
Кал	4,19
эВ (электронвольт)	$1,60219 \cdot 10^{-19}$
B.T.U (<i>British Thermal Unit</i>)	1 055,07

Идеальными являются те газы, которые являются функцией температуры, обозначаемые верхним индексом o . В качестве примера приведем расчет молярного тепла метана при постоянном давлении:

$$c_p^o = 19,2366 + 5,2078 \cdot 10^{-2} T + 1,1965 \cdot 10^{-5} T^2 - 1,13098 \cdot 10^{-8} T^3,$$

где T — температура, °К;

$$c_p^o \text{ — тепловая способность, } \frac{\text{Дж}}{\text{моль} / ^\circ\text{К}}.$$

Энтальпия H является количеством тепла, которым система обменивается с окружающим пространством при постоянном давлении. Оценка применяется при расчете обменников тепла, тепловой окраски реакции и др. Расчет изменения энтальпии идеален для системы при изменении температуры с T_1 до T_2 , выражается следующим образом:

$$H^o = \int_{T_1}^{T_2} c_p dT, \text{ Дж / моль.}$$

Тепло при сгорании и теплотворность:

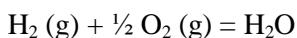
– *тепло при сгорании* Q_s (кДж · кг⁻¹; кДж · м⁻³) — это количество тепла, которое освобождается при полном сгорании 1 кг или 1 м³ топлива с температурой 20°С при охлаждении продуктов сгорания снова до температуры 20°С, при этом наступает конденсация пара;

– *теплотворность* Q_n (Дж · кг⁻¹; кДж · м⁻³) — это количество тепла, которое освобождается при сгорании 1 кг или 1 м³ топлива с температурой 20°С при охлаждении продуктов сгорания снова до температуры 20°С, при этом возникшая вода остается в виде пара.

Химические реакции сопровождаются энергетическими изменениями, которые заключаются в обмене теплом реагирующей системы с окружающим пространством. Это тепло называем **реактивным теплом**. С физико-химической точки зрения необходимо определить условия обмена (постоянное давление или постоянный объем), температуру и давление исходных веществ и продуктов реакции и их состояние. Придаваемое тепло обозначаем знаком «+», а отбираемое — знаком «-». Данные предполагают похожее тепло

выходящих веществ и продуктов. Так как большинство химических реакций происходят при постоянном давлении, то тепловая окраска будет означать *изменение энтальпии*.

Например, для реакции

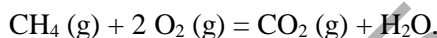


будет

$$H_{298,15^\circ} = -286,031 \text{ кДж.}$$

Индекс $^\circ$ определяет давление 101 325 Па.

Тепло при сгорании является одним из случаев реактивного тепла, например, при сгорании метана:



При температуре 298,15°К и стандартном давлении тепло, освобожденное при сгорании, будет равно

$$H_{298,15^\circ} = -806,621 \text{ кДж.}$$

2.3 Биогаз и его производство

Биотопливо нужно прежде всего сельскому хозяйству, особенно в России — таково мнение специалистов по его производству. Но у этой точки зрения примерно столько же сторонников, сколько и противников.

Дискуссии о том, надо ли занимать свободные площади культурами для производства биотоплива, ведутся давно. Почти все отчеты по экономике сельского хозяйства поднимают этот вопрос. Не стали исключением III Международный конгресс «Биодизель-2008» и I Международный конгресс «БиоГаз-2008» [51], прошедшие в Москве в Центре международной торговли.

По поводу необходимости производства энергии из отходов, в том числе сельскохозяйственных, разногласий, конечно, нет: на конгрессе в этом плане царил полное единодушие. Однако в этой отрасли Россия сильно отстала от развитых стран.

Так, адъюнкт-профессор (соответствует российскому званию доцента) кафедры биоэнергетики Шведского университета сельскохозяйственных наук Т. Штерн сообщила [52; 53], что ЕС планировал в 2010 г. перевести 75% агротехники на биотопливо. Опровергая влияние биотоплива на рост продовольственных цен, она заявила, что для выращивания рапса и кукурузы используется незначительный процент площадей сельскохозяйственных угодий, большая часть которых не использовалась фермерами ранее.

Представитель Российской национальной биотопливной ассоциации дополнил эти доводы графиком цен на нефть и кукурузу, из которого следовало, что цены на эти товары с точностью повторяют друг друга [53].

Руководитель Центра развития биоэнергетики Минсельхоза РФ отметил, что производство биотоплива никак не может повлиять на продовольственный баланс, тем более в России. Он напомнил, что каждый год примерно 10% собранного урожая зерна сгнивает. Если помочь аграриям перерабатывать эти «излишки», то решится сразу две задачи: повысятся доходы крестьян и не пропадет зерно. Он также упомянул и о 40 млн га неиспользуемых площадей в сельском хозяйстве, которые можно занять рапсом без какого-либо вреда. По его данным, производство биогаза в 20 раз дешевле переработки нефти, и в 4 раза дешевле обходится создание самого производства для этого вида топлива [52].

По словам руководителя направления экспертизы ГК «Роснано-тех», в России для развития этого вида энергетики действительно присутствует огромная сырьевая база: 96% отходов располагается на свалках, из них примерно 45% — пищевые отходы. Перерабатывая весь этот мусор, можно получать не только электроэнергию, но и удобрения как побочный продукт. В то же время он отметил, что общая эффективность производства биогаза (30%) пока еще низка, и энергия, полученная таким образом, пока будет стоить дороже [53].

Однако для сельхозпроизводителей вопрос стоит совсем иначе.

Во-первых, надо вспомнить заявление Газпрома о том, что сельская местность будет снабжаться газом меньше, чем на половину от потребностей. По замыслу реформаторов, вместе с постепенным сокращением снабжения, появятся новые поставщики. Поэтому вполне возможно, что сельским жителям придется получать газ и электричество самостоятельно, т. е. производить биогаз.

Во-вторых, в условиях села и при переработке сельскохозяйственных отходов, себестоимость производства меняется в пользу аграриев. Более того, по официальным данным, Россия ежегодно накапливает до 300 млн т органических отходов в сухом эквиваленте, из них 250 млн т — в сельскохозяйственном производстве. Эти отходы являются сырьем для производства биогаза. Потенциальный объем ежегодно получаемого биогаза может составить 90 млрд м³.

Заместитель генерального директора закрытого акционерного общества «Центр “ЭкоРос”» [53] даже связал перспективы развития биотехнологии с агропромышленным комплексом: «Только развитие сельского хозяйства ускорит развитие биотехнологии». Он заявил, что Россия делает ставку на производство биотоплива из органических остатков сельского хозяйства. В 2008 г. выпущено 85 комплектов крестьянских биостанций. По его мнению, самое выгодное сырье для производства биогаза в условиях России — топинамбур: если взять площадь хозяйства 3,5 тыс. га с населенным пунктом 500 человек, понадобится всего 6% площади для обеспечения нужд населения и производства. Он уверен, что использование отходов сельского хозяйства для производства энергии позволило бы обеспечить электричеством всю сельскую местность. Представитель Россельхозакадемии приводит дополнительные факты: один рубль вложений в производство биогаза обернется тремя-четырьмя рублями, а новые электростанции создадут 30 тыс. рабочих мест. Практически любые отходы в сельском хозяйстве могут использоваться для получения биогаза: навоз, зерновая и меласная послеспиртовая барда, свекольный жом, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха, трава, отходы молокозавода, отходы от производства соков, отходы производства крахмала и патоки, отходы переработки картофеля, производства чипсов. Все это можно выбросить или оставить гнить, а можно и извлечь прибыль: себестоимость биогаза составляет 15...20 евро / м³, а природный газ продается за 30 евро / м³ [53].

2.3.1 Основные сведения о биогазе

Биогазом можно считать все виды газов, которые возникают при микробном разложении анаэробным процессом. К производству

биогаза (биогаза из ила, биогаза со свалки) пришли впервые в 1890 г. в Англии при очистке местных очистных сооружений, а в 1924 г. — в Германии. В настоящее время биогаз из больших свалок коммунальных и промышленных отходов получают глубоким бурением. Большинство эксплуатируемых устройств производят отходы при хозяйственной деятельности, а пока что переработка растительных отходов в большинстве случаев ориентирована на получение протеина и алкоголя.

Анаэробный процесс основан на действии двух групп бактерий, которые разлагают органическую массу на всех стадиях:

1) *анаэробная стадия* представляет собой процесс разложения органической массы анаэробными микроорганизмами до полного исчерпания присутствующего кислорода. Главным продуктом является оксид углеродный, его максимальная концентрация может достигать 20%;

2) *анаэробная ацидогенная стадия* сопровождается созданием алифатических кислот $C_2...C_4$ (азотная, пропановая, масляная). Вместе с углеродным оксидом продуктом является и водород, который потом переводит метаногенные бактерии в метан;

3) *анаэробная метаногенная стадия* протекает с преобладающим преобразованием метана (50...70%) и оксида углерода (25...45%), другими составляющими являются азот и вода.

Получение биогаза предусматривает, главным образом, выполнение следующих условий [49]:

- температура от 35 до 45°C;
- рН от 6,5 до 7,8;
- высокое содержание воды, поддерживающей миграцию микроорганизмов;
- присутствие и количество токсичных веществ;
- кинетика биологической конверсии.

В таблице 2.9 приведены величины освобожденной энергии реакций при действии ферментационных, ацетогенных и метаногенных бактерий. Упрощенная схема микробиального получения биогаза показана на рисунке 2.29.

Техническое оформление непрерывного производства биогаза в проточной системе показана на рисунке 2.30. Разжиженные отходы

Т а б л и ц а 2.9 — Освобождающаяся энергия селективных биологических реакций [49]

Реакции	Количество энергии, кДж / моль
<i>Ферментационные бактерии</i>	
$(C_6H_{10}O_5) + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6$	-17,7
$C_6 H_{12}O_6 \rightarrow 3 CH_3CO_2^- + 3H^+$	-311,0
$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow CH_3CH_2CO_2^- + H^+ + 3 CO_2 + 5H_2$	-192,0
$C_6H_{12} O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2CO_2^- + H^+ + 2 CO_2 + 2H_2$	-264,0
$C_6 H_{12} O_6 + 6 H_2O \rightarrow 2CO_2 + 2H_2$	-25,9
<i>Аценогенные бактерии</i>	
$C_6 H_{12} O_6 + H_2O \rightarrow 2CH_3CO_2^- + 2H^+ + 2CO_2 + 4H_2$	-216,0
$CH_3 CH_2 CO_2^- + H^+ + 2H_2O \rightarrow CH_3CO_2^- + H^+ + CO_2 + 3H_2$	+71,7
$CH_3 CH_2 CH_2CO_2^- + H^+ + 2H_2O \rightarrow 2CH_3CO_2^- + 2H^+ + 2H_2$	+48,3
$CH_3 CH_2 OH + H_2O \rightarrow CH_3CO_2^- + H^+ + 2H_2$	+9,7
$2CO_2 + 4 H_2O \rightarrow CH_3CO_2^- + H^+ + 2H_2O$	-94,9
<i>Метаногенные бактерии</i>	
$CH_3CO_2^- + H^+ \rightarrow CH_4 + CO_2$	-35,8
$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	-131,0
$HCO_3^- + H^+ + 4H_2O \rightarrow CH_4 + 3H_2O$	-136,0

жизнедеятельности животных перемешаны в приемнике и непрерывно или периодически перемешаются к нагретой ферментационной емкости. Соответствующее количество сгнившего ила отводится в другую емкость. Высокий выход биогаза обусловлен соблюдением вышеприведенных эксплуатационных условий. Состав полученного таким образом газа в процентах объема показан в таблице 2.10 [49].

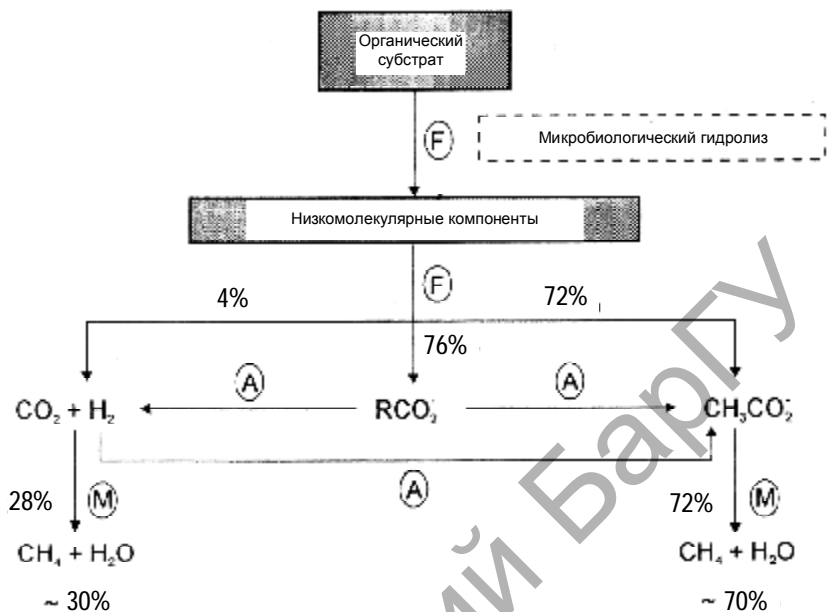


Рисунок 2.29 — Упрощенная схема микробиального получения биогаза (по [5] с изменениями)

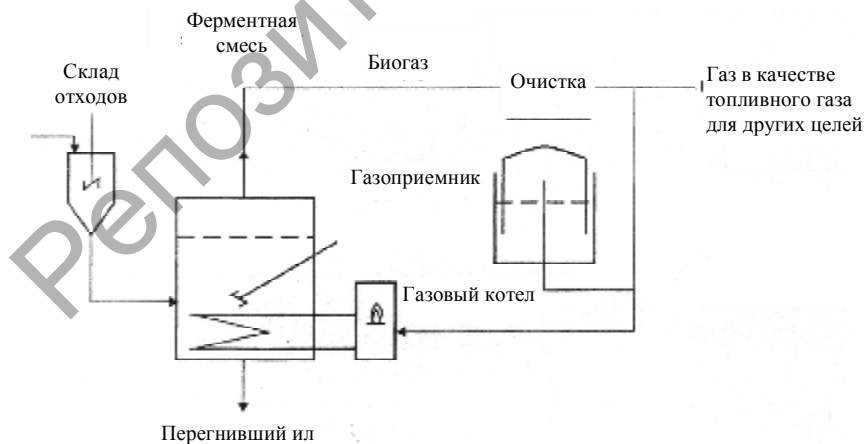


Рисунок 2.30 — Непрерывное производство биогаза в проточной системе (по [49] с изменениями)

Т а б л и ц а 2.10 — Состав полученного биогаза

Показатель	CH ₄	CO ₂	H ₂	H ₂ S	O ₂	NH ₃	H ₂ O	Удельная тепло- творность МДж / м ³
Процент объема	55...70	27...42	1	0,5...3		Малое количество		Около 23
Граница взрываемости, %	5...15	—	4...80	4...45		—		—
Температура зажигания, °С	650...750	—	588	—		—		—
Критическое давление, МПа	4,70	7,50	1,30	8,90		—		—
Критическая температура, °С	82,60	31,0	—	100		—		—
Плотность, г / л	0,55	1,50	0,07	1,20		—		—

Другой состав биогаза можно найти в источнике [49], где приведены следующие величины среднего состава сырого биогаза: CH₄ — 55...75%; N₂, H₂ и H₂O. А также состав в пеллетах: CO₂ — 25...40%; H₂S — 1...3%.

Биогаз на сельскохозяйственных предприятиях расходуется на месте, из него почти 50% идет для обогрева ферментационных емкостей. Излишек служит для сушки сельскохозяйственных продуктов, идет на производство электрической энергии и на подогрев теплой бытовой воды. Для выравнивания неравномерности производства биогаза служит газоприемник. Оцениваемое ежегодное производство биогаза из экскрементов единицы животного составляет (в м³ / шт. · год): поросята — 70; телята — 330...620; птица — 5,5...6,5.

2.3.2 Возникновение биогаза

Свободное возникновение газа

Биогаз получается как продукт ферментации биомассы, которую представляет сельскохозяйственные или другие органические отходы, растения, специально выращиваемые для этой цели. На рисунке 2.31 изображено энергетическое изменение биомассы [54]. Разложение органического сырья протекает анаэробным способом с помощью термофильных бактерий (смесь *Methanobacterium thermoautotropicum*, *Methanococcus voltae*, *Methanosarcina bakteri*,

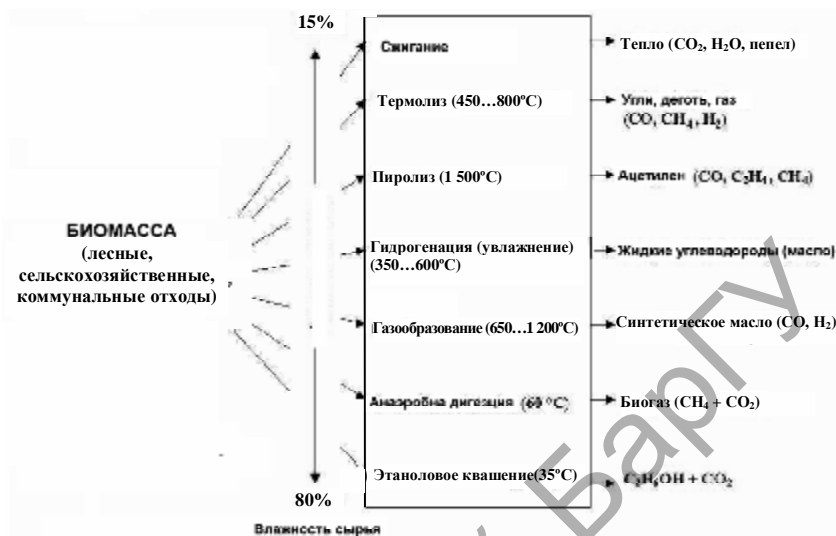


Рисунок 2.31 — Возможности энергетической переработки биомассы (по [55] с изменениями)

Methanospirillum fungatani; надо учесть также *Ruminantium*, которые находятся в верхних желудках жующих животных). Процесс начинается гидролизом полисахаридов действием целлюлоз, которые содержат термофильные бактерии. Последние производят органические кислоты (азотная кислота, пропановая и муравьиная) и водород ацетогенными бактериями. От пробегания этой ступени зависит тепловая способность биогаза (содержание H₂). Только при метановой ферментации из органических кислот и водорода образуется метан (и некоторые углеводороды) [55].

Аэробное разложение сырья является двухфазным:

- 1) асидогенная фаза — продукция низших жирных кислот;
- 2) метаногенная фаза — получение метана из органических кислот, из CO₂ и H₂.

Блочная схема изображена на рисунке 2.32.

Элементами производственного устройства являются:

- подготовка и складирование сырья (подготовка производится разведенными кислотами, парами с SO₂ и алкалоидами, автогидролизом при температуре 175...225°C);

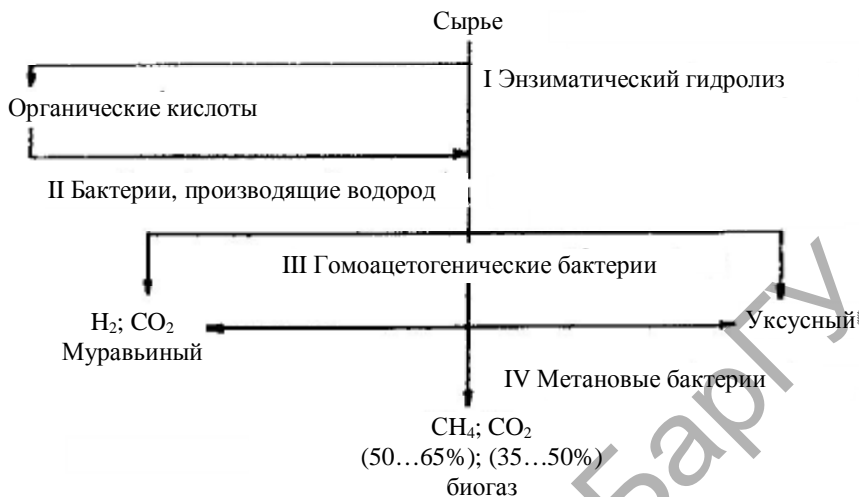


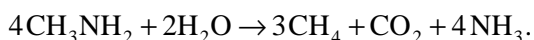
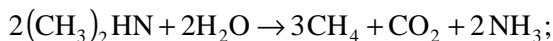
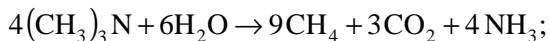
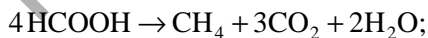
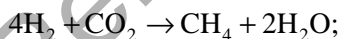
Рисунок 2.32 — Схема разложения сырья [55]

– анаэробный ферментатор с тепловой изоляцией и мешалкой (ферментационные бактерии изменяют распущенный органический материал, полученный гидролизом полисахаридов воздействием целлюлоз на ацетат, пропионат, бутират, H₂ и CO₂. Лигнин противостоит анаэробному разложению и снижает деградацию целлюлоз и хемицеллюлоз);

– газоприемник (установка для очистки, компрессии и наполнения газа);

– контрольное и регулировочное устройство.

Образование метана можно описать следующими реакциями:



Успех ферментации зависит от многих факторов, таких, как, например, количество и тип органических веществ, отношения С / N, рН, температуры и других факторов. Оптимальная температура для достижения наивысшей растущей скорости метановых бактерий достаточно высокая — 60°C. Поэтому часть биогаза используется для поддержания оптимальной температуры при культивации термофильных бактерий. Использование термофильных реакций имеет следующие преимущества:

- высокая температура позволяет достигать наиболее высокие скорости биохимических реакций;
- снижается вязкость субстрата;
- снижается производство биомассы микроорганизмов;
- редуцируется патогенное воздействие.

На сегодняшний день углеводы для производства биотоплива получают преимущественно в результате переработки кукурузы или сахарного тростника. Некоторые компании работают над процессами получения углеводов из богатых целлюлозой материалов, таких, как трава или древесные опилки. Однако ни одна из технологий пока не предоставила убедительных доказательств своей экономической целесообразности.

Созданный специалистами «Протерро» [56] тип цианобактерий может производить значительно больше сахарозы из расчета на один акр, чем сахарный тростник или любая другая из традиционных культур. Более того, растительные культуры используют воду и солнечную энергию для формирования биомассы, которую необходимо собирать, транспортировать и перерабатывать с целью получения сахарозы. В предложенной учеными системе большая доля воды и солнечной энергии расходуется на синтез сахарозы, которая не нуждается в выделении, а непрерывно секретируется цианобактериями в форме, пригодной для производства биотоплива (рис. 2.33).

Модифицированные цианобактерии начинают продуцировать сахарозу в результате защитной реакции на чрезмерное засоление их среды обитания. Это уравнивает внутри- и внеклеточное осмотическое давление и предотвращает поступление воды внутрь бактериальных клеток. Исследователи идентифицировали запускающие этот механизм гены и использовали их при создании своих микроорганизмов. Еще одним ноу-хау стало использование генов, обеспечивающих секрецию сахарозы в окружающую среду. Это значительно

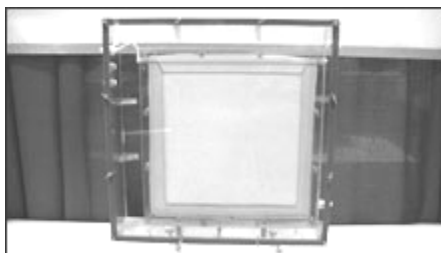


Рисунок 2.33 — Прототип биореактора для выращивания синтезирующих сахароз у цианобактерий, культивируемых на полотне, расположенном в центре контейнера [56]

удешевляет стоимость получаемого сырья для биотоплива, так как традиционные подходы использования цианобактерий или фотосинтезирующих водорослей для синтеза углеводов или жиров подразумевают определенные затраты на сбор биомассы, ее обезвоживание и переработку. Еще одна особенность разработанной системы «Протерро» заключается в использовании особого биореактора. Выращиваемые в нем цианобактерии не погружены в воду, а находятся на поверхности полотна, пропитываемого водным раствором солей и питательных веществ с помощью механизма капельной подачи. Это позволяет отказаться от традиционно используемых для выращивания фотосинтезирующих микроорганизмов больших прозрачных контейнеров с водой или специальных прудов.

Специалисты утверждают, что помимо очевидных достоинств разрабатываемая система «Протерро» на сегодняшний день обладает и серьезными недостатками. Например, богатая сахарозой среда благоприятна для размножения различных микроорганизмов, которые могут вытеснить цианобактерии. В результате подобные биореакторы будут нуждаться в частом осушении, дезинфекции и заполнении новой культурой цианобактерий. Однако разработчики настроены оптимистично и собираются решить все возможные технические трудности.

Биогаз, который содержит 50...70% метана, 30...50% оксида углекислого, 1...3% водорода и 0,5...1% кислорода, является важнейшим низкоемкостным источником энергии. Теплотворность биогаза

почти $20...23 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-3}$, что соответствует приблизительно количеству тепла, полученного сжиганием 0,7 л бензина или 0,8 кг угля.

Биогаз можно использовать (замена природного газа, пропана-бутана, светильного газа) для отопления, для нагревания технологической и бытовой воды, для сушки сельскохозяйственных продуктов и для работы климатических устройств. Другими областями использования биогаза являются: домашнее хозяйство и заводские кухни; сельскохозяйственное производство (растениеводство и животноводство); производство электрической и тепловой энергии в двигателях, соединенных с электрическими генераторами.

Твердый продукт после анаэробного разложения имеет очень хорошие свойства в качестве органического удобрения. В процессе его использования для культивации сельскохозяйственного производства улучшается экономика всего процесса и решаются экологические проблемы, так как продукт имеет высокое содержание витамина B_{12} . Термофильная температура безопасно дезактивирует вегетативные яички и яйца паразитов, и это весьма важно для использования продукта в качестве корма. Водная часть после анаэробной ферментации содержит относительно много аммиака и органических веществ, главным образом низших жирных кислот, поэтому она пригодна для культивации дрожжеподобных микроорганизмов.

Приведенные факты показывают экономическое значение метановой ферментации для использования в энергетической и других областях. Таким способом могут перерабатываться всевозможные вторичные источники биомассы, например, отходы лесного производства, неочищенные опилки, шлифовальный порошок, сельскохозяйственные отходы (в разных ступенях разложения), избыток этаноловой ферментации в производстве кормовых белков, экскременты и многое другое. В связи с малой концентрацией упомянутых источников сырья строятся главным образом маломощные производственные единицы (30 м^3 биогаза в день). В Республике Словакии почти 1 000 заводов производят биогаз из экскрементов скота и птицы, которым обеспечивают на фермах более чем 50% тепловой и 35% электрической энергии. Предполагается строительство 4 000 подобных предприятий [57]. Конверсия метана на электрическую энергию и тепло представляет собой наиболее практический способ использования биогаза. Метан — в 20 раз более действенный парниковый газ, чем CO_2 , поэтому снижение биоло-

гических метановых эмиссий представляет один из наиболее доступных способов редуцирования эмиссии парниковых газов.

Экскременты являются продуктами прерывистого процесса производства биогаза из кормов (сена, соломы и т. д.), которые возникают в результате гидролиза в желудочном тракте коровы, чем обеспечивается в нем энергетический запас метана как ближайшего продукта (рис. 2.34). Главным продуктом является удобрение, богатое азотом, фосфором, калийной известью и содержащее мало углерода. С физиологической точки зрения желудочный тракт является превосходным ферментатором [5]. Оптимальные условия позволяют расти и размножаться микрофлоре, которая расщепляет целлюлозу, вырабатывает белок и синтезирует витамины. Кроме того, микрофлора брюха позволяет синтезировать протеины из амидов или аммиака. Отсюда возникает возможность замены белков в желудке животного мочевиной или аммониевыми солями. Условиями использования полисахаридов древесной биомассы в желудочном тракте является расщепление лигнин-сахаридовых связей и улучшение доступности механическим, физико-химическим или биологическим способам.

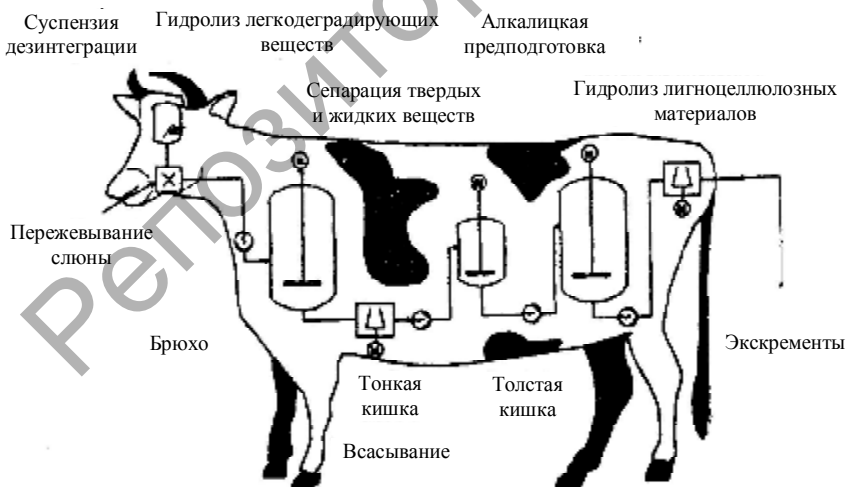


Рисунок 2.34 — Ферментация в желудочной системе животного [5]

Производство биогаза

При разложении таких органических веществ, как удобрение, зеленые растения, ил в очистных сооружениях, сточных вод в закрытых емкостях без доступа воздуха, возникает биогаз. Этот процесс, когда органическая масса разлагается на органические вещества и биогаз, протекает благодаря бактериям, которые работают без доступа воздуха — анаэробное брожение. В природе широко происходит разложение с поступлением воздуха, так называемое аэробное разложение.

При разведении сельскохозяйственных животных в промышленных масштабах возникает значительное количество биологически активного материала, который можно использовать при производстве биогаза. С точки зрения эффективности такой деятельности можем указать на некоторые результаты, приведенные во многих публикациях, ориентированных на эту тематику. При предварительном анализе биогазового потенциала в навозе можно использовать данные, приведенные в последующих разделах.

Основой переработки экскрементов является технологический процесс, показанный схематично в технологической схеме. Эта схема представляет основной технологический процесс, точную структуру которого необходимо согласовывать с установленной технологией, современным состоянием использования биоматериалов, возникающих в животноводческом производстве, количеством экскрементов, имеющимися финансовыми ресурсами (рис. 2.35) [58].

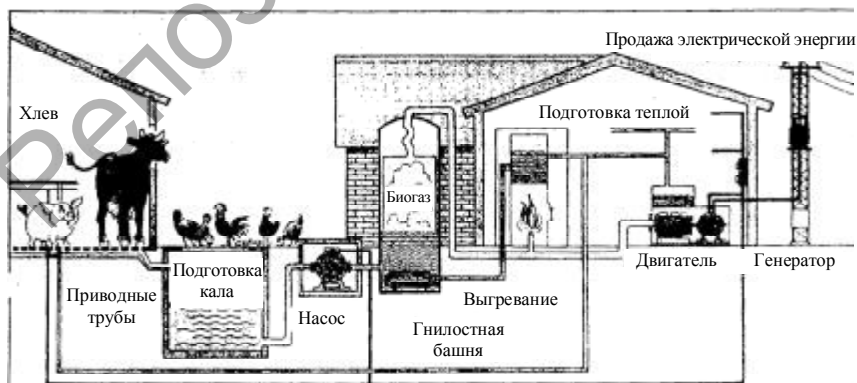
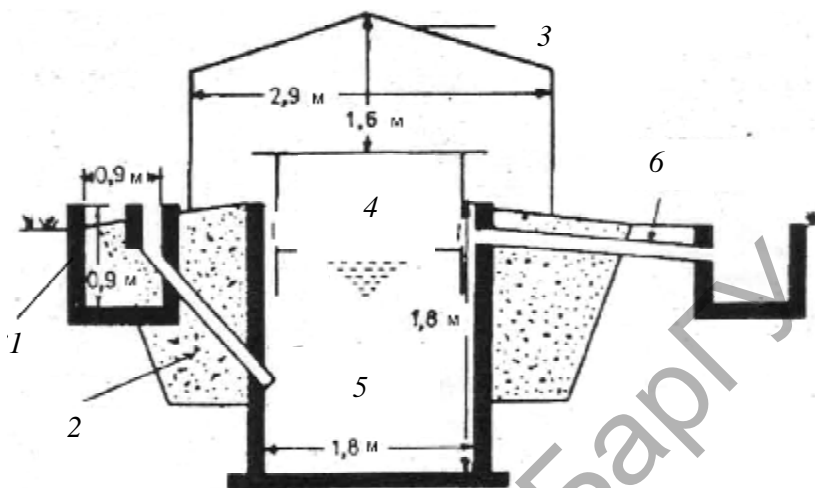


Рисунок 2.35 — Технологическая схема использования биогаза [5]

В настоящее время многие элементы из приведенной технологии реализованы в развитых странах в каждой сельскохозяйственной общине. Существенным является согласование устанавливаемой технологии с требованиями минимальных расходов на производство биогаза. Условием успешности данной технологии является правильная концентрация биологического материала, постоянная подача навоза и отвод отработанного вещества. Эффективность данного устройства в результате низкого предварительного нагрева в зимние месяцы может падать, летом она выше. В летнее время можно также использовать полученную электрическую энергию на другие цели или на продажу в центральную электрическую сеть. Наиболее эффективным использованием биогаза является его сжигание в когенерационных и тригенерационных установках.

Биогаз можно использовать, как упоминалось выше, для прямого сжигания в котлах, в сушилках, для производства электрической энергии с помощью газовых турбин, в двухпараметрических двигателях, в газовых моторах, в качестве привода автомобильных двигателей, после удаления CO_2 его можно использовать во внутренних газовых разводных сетях.

Основным элементом технологического процесса производства биогаза является источник биологического материала — большие откормочные фермы для свиней, фермы говяжьего скота, птицефермы, откуда навоз в жидком состоянии поступает в перемешивающее устройство. Оттуда потом продукт вычерпывается в бродильную камеру (ферментатор), в верхней части которой собирается биогаз, который отводится в энергетическую часть комплекса. Здесь происходит сжигание биогаза для подогрева теплой бытовой воды или сжигание в газовом двигателе, который вращает генератор электрической энергии. От энергетического комплекса необходимая энергия отводится к отделениям фермы. Часть полученного тепла отводится для согревания продукта в ферментаторе. Это тепло необходимо для поддержания нормального бродильного процесса, главным образом в зимнее время. На рисунке 2.36 представлена схема одного из возможных устройств для производства биогаза. Данное устройство представляет собой компактную установку для подготовки и переправки продукта в бродильную башню. В отличие от предыдущей схемы, здесь не требуется насос для вычерпывания продукта, так как емкость утоплена в землю. Продукт, который предварительно подогревается и перемешивается в подготовительной яме, по трубе подводится в бродильное пространство. Все бродильное



1 — сборная яма для навоза; 2 — впускная труба; 3 — укрытие из пластика;
4 — деревянный согревающий колпак, накрытый пластиком; 5 — бродильное пространство; 6 — выпускная труба

Рисунок 2.36 — Устройство непрерывного действия для производства и сбора биогаза

пространство закрыто деревянным колпаком, который покрыт пластиком. Под этим колпаком находится полученный биогаз. Такое устройство служит одновременно и как сборник газа. Высота колпака над уровнем продукта меняется в зависимости от количества газа, который имеется в сборнике. Из нагревающей емкости отводящей трубой перебродивший продукт отводится в емкость, из которой вычерпывается и отвозится на поля и теплицы. Речь идет об удобрении, избавленном от болезнетворных зародышей и семян сорняков.

Все устройство может быть закрыто пластиковой конструкцией. Это необходимо, главным образом, в зимнее и переходное время для снижения тепловых потерь нагреваемой емкости.

На следующих рисунках приведены технологические решения бродильных устройств, которые используются в разных странах. На рисунке 2.37 представлена схема простого устройства малого бродильного устройства из Великобритании. На рисунках 2.38 и 2.39 показаны системы, используемые в Словакии. На рисунке 2.40 приведена система, уложенная в землю, где экскременты стекают прямо в бродильную яму.

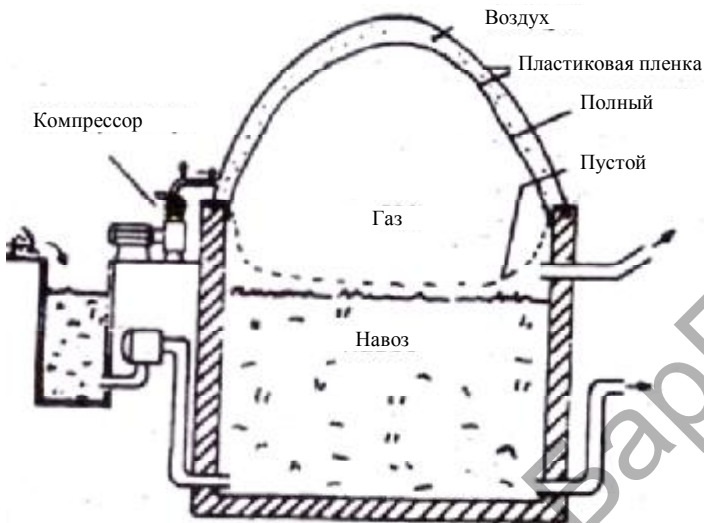
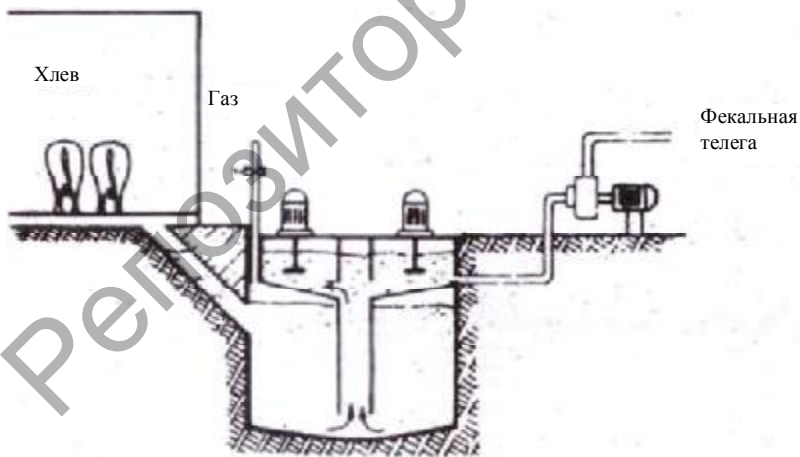


Рисунок 2.37 — Схема ферментатора, используемого в Великобритании [5]



Выгнывающее пространство

Рисунок 2.38 — Ферментатор, наиболее часто используемый в Словацкой Республике [5]

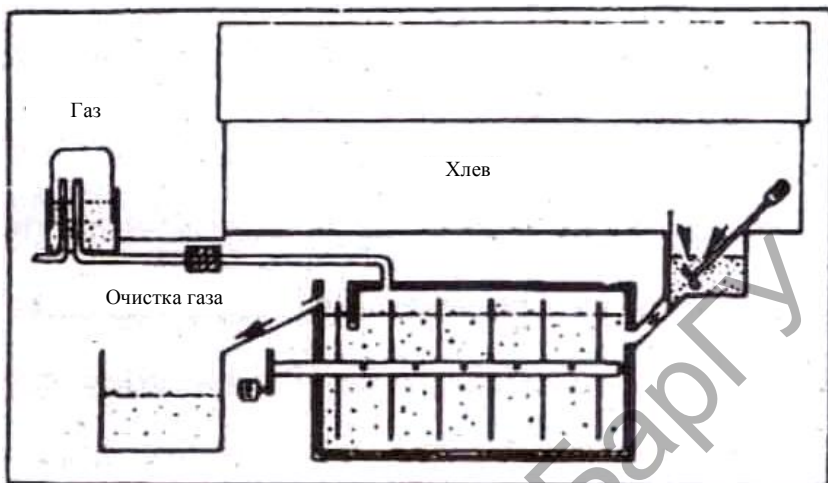


Рисунок 2.39 — Схема ферментатора с горизонтальным размешиванием [5]

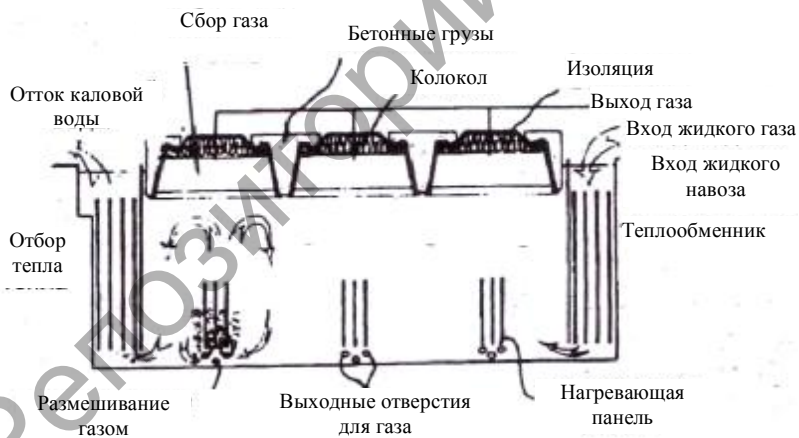


Рисунок 2.40 — Схема редко используемого колокольного ферментатора [5]

В верхней части ямы находится перемешивающее устройство, рядом — отопляющие системы. Форма крышки позволяет производить сбор и отбор биогаза. Перегнивший продукт забирается с помощью фекальной телеги или складывается в сборную яму. Газ

отводится в газосборник или прямо к потребителям. В данном случае необходим совместный отбор газа или постройка газосборника. С экономической точки зрения эта система выгоднее для менее состоятельных потребителей, так как строительство дополнительных устройств возможно лишь после экономии энергии на следующем этапе строительства. Подобная система показана на рисунке 2.38 [59], где имеются сборные ямы для перегнившего продукта и газосборники, то же самое и на рисунке 2.39. Газ, собранный в газосборнике, позволяет складировать энергию, что сделать для электрической энергии невозможно. На рисунке 2.40 показана схема устройства, которое, с точки зрения экономии энергии, выгоднее предыдущего. Речь идет о системе, использующей для предварительного подогрева поступающего навоза тепло перегнившего продукта. Приведенное устройство дороже за счет обменника навоза, но энергетически менее затратно.

Отходы из сельскохозяйственной продукции (солома)

Отходы зерновых растений (солома) собираются обычными технологиями, в дальнейшем их очень выгодно превратить в экологически чистую энергию. Центральным вопросом остается: какое количество этих излишков могло бы остаться на полях для поддержания плодородности земли и какое количество могло бы быть забрано. Опыт США показывает, что, с точки зрения длительного поддержания плодородности земли, принятый уровень представляет 35% этих излишков. Сжигание соломы на полях (такое явление мы можем наблюдать иногда у нас) во многих развитых странах запрещено, что мотивирует фермеров использовать этот материал в качестве источника энергии. Негативное влияние на поле в результате устранения излишков биомассы может быть компенсировано возвращением пепла на поле после сжигания этих излишков.

В настоящее время наивыгоднейшей формой использования отходов зерновых растений является прямое техническое использование. При наличии коротких транспортных трасс солома становится наиболее дешевым топливом для обеспечения отопления среднего по величине домашнего хозяйства в течение года (рис. 2.41). Для обеспечения высокой эффективности, недорогого обслуживания и поддержания низкого улетучивания эмиссии при сжигании соломы необходимо использовать специальные котлы.



а)



б)

а — сбор соломы; б — подготовка отходов для пиролиза

Рисунок 2.41 — Солома и древесные отходы, подготовленные для пиролиза [60]

Кроме вышеприведенных возможностей получения энергии из соломы существует также возможность подавать солому в ферментатор. Этим достигается двойной эффект. Во-первых, снижается потребность получения и дополнения экскрементов в ферментатор и, во-вторых, устраняется использование ненужного сырья. Опыт Голландии показывает, что при подаче соломы или травы в ферментатор необходимо действовать очень осторожно, так как продукт в ферментаторе может начать загораться.

Возможности использования отходов в сельскохозяйственной продукции в Словакии

Впреки тому, что солома представляет важную составляющую сельскохозяйственной продукции, мы нередко являемся свидетелями того, как огромное количество этого сырья и сегодня гниет на полях без каких-либо попыток использования.

Примерно из 900 000 га, на которых в Словакии выращивают зерновые, можно получать около 2 млн т соломы ежегодно. Теоретический потенциал, из предположения сжигания соломы в устройствах для комбинированного производства электричества и тепла, таким образом представляет 1,6 млрд кВт · ч электрической энергии (обеспечивает почти более 6% ежегодной потребности в Словакии) и 4,8 млрд кВт · ч тепловой энергии ежегодно (обеспечивает потребность тепла в 300 000 домашних хозяйствах) [5].

Первую установку для сжигания соломы с последующей выработкой тепла для целей сельскохозяйственной общины реализовал «Агрозет Зволен».

Органические отходы в домашних хозяйствах и животноводческих предприятиях для производства биогаза

Биогаз возникает главным образом в животноводческом производстве, а также в коммунальных очистных сооружениях, из органических домашних отходов, отходов в скотобойнях, на сахарных заводах и т. д. Некоторые дальнейшие данные касаются объективной проблематики, приведенной в следующих главах.

Энергетический потенциал биогаза

Технологии на основе биогаза появились в Словакии в прошлом столетии в рамках гигиенических мероприятий, а также в целях снижения объема растущих количеств городских и сельскохозяйственных отходов. В настоящее время установки для выработки биогаза в Словакии используются в большей мере для выработки энергии и для рециклинга кормов при производстве перегноя для растительного производства. Главным источником сырья, которое перерабатывается в упомянутых устройствах для производства биогаза, является навоз с ферм, излишки растениеводства и органические отходы промышленности, домашних хозяйств и предприятий. Весь используемый потенциал возобновляемых источников показан на рисунке 2.42, а также в таблице 2.11 [59].

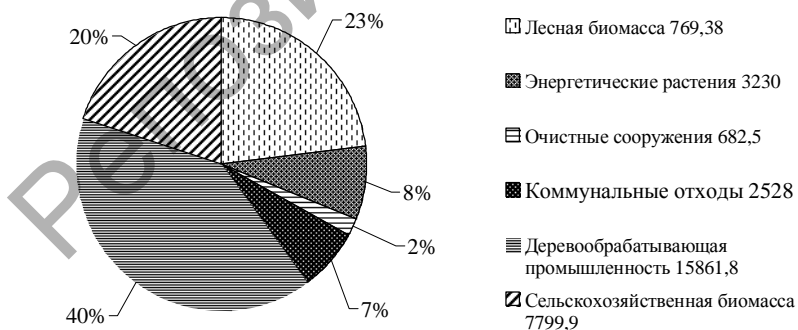


Рисунок 2.42 — Технически используемый потенциал биомассы Словакии: энергетический эквивалент, тДж / г (по [5] с изменениями)

Т а б л и ц а 2.11 — Технически используемый потенциал биомассы в Словакии

Тип биомассы	Используемое количество, т / г.	Энергетический эквивалент, тДж / г.
<i>Лесная биомасса</i>		
Толщина дерева до 7 см	250 740	2 383,05
Низкорослые деревья	76 200	724,00
Отходы после разделки деревьев	110 590	1 050,69
Дерево для топлива	323 900	3 079,81
Биомасса после прореживания	14 300	138,58
Пни и корни	23 500	223,25
Отходы после механической обработки дерева	103 800	1 170,00
И Т О Г О	903 030	8 769,38
<i>Сельскохозяйственная</i>		
Зерновая солома	272 700	3 861,00
Отходы от бураков и подсолнечника	161 300	2 223,30
Отходы с фруктовых садов и вино-градников	50 400	528,60
Биогаз	43 530 тыс. м ³	972,50
Биотопливо	5 500	214,50
И Т О Г О	489 900	7 799,90
<i>Отходы в деревообрабатывающей промышленности</i>		
Штучные отходы	483 000	5 680,10
Мелкозернистые отходы	322 000	3 741,70
Жидкие отходы	460 000	6 440,00
И Т О Г О	1 265 000	15 861,80
Отходы с очистных сооружений	31 020	682,50
<i>Коммунальные отходы</i>		
Коммунальные отходы	177 000	1 062,00
Древесно-коммунальные отходы	133 200	1 466,00
И Т О Г О	310 200	2 528,00
В С Е Г О	2 968 130	35 641,58

При производстве биогаза (так называемое анаэробное разложение) наступает расщепление сложных органических материалов на отдельные неорганические вещества и газ. Этот процесс происходит без поступления кислорода посредством микроорганизмов (бактерий) [61]:

Биомасса + Бактерии = Биогаз (CH_4 , CO_2 , ...) + вещества (азот, фосфор, калий, сера, ...).

Этот процесс разложения более или менее соответствует процессу, который происходит в природе. Главное различие между ними в том, что в природе данное разложение происходит в присутствии кислорода; так называемые анаэробные продукты и промежуточные продукты поэтому отличаются, отличается и химический состав конечных продуктов.

В устройстве для получения биогаза биомасса превращается в метан, который отводится и используется для производства энергии. Разложенная биомасса (биоотходы в жидком или твердом виде) содержит много ценных минеральных веществ и довольно просто может использоваться в качестве промышленного удобрения в традиционном сельском хозяйстве. Дегазованное удобрение, кроме того, имеет несколько преимуществ, по сравнению с традиционно используемым промышленным удобрением, поскольку анаэробное разложение ведет к низкой утрате веществ, как и у традиционно выработанного удобрения. Поэтому для достижения одинакового результата требуется меньше удобрений.

В устройстве для производства биогаза биомасса нагревается в герметичном реакторе на заданную технологическую температуру и остается в реакторе необходимое технологическое время. Обычно технологическая температура колеблется в мезофильной области ($30...40^\circ\text{C}$) или в термофильной области ($50...60^\circ\text{C}$), и необходимое время выдержки в реакторе составляет $10...20$ дней. Процесс происходит быстрее при более высокой температуре, что позволяет сократить время выдержки.

Наиболее новые проекты в целом разрабатываются так, чтобы предоставлялся достаточный простор для использования вторичного получения тепла. Обычно их основой является термофильный процесс, который в настоящее время считается наиболее просто управляемым и который также позволяет выполнение наиболее точных гигиенических норм, принятых в странах ЕС. Этот факт является достаточно важным

при переработке отходов, производимых человеком, как, например, кухонные отходы и сточная вода, которые используют в сельском хозяйстве в качестве удобрения. Ветеринарная служба предъявляет к удобрениям строгие, но выполнимые гигиенические требования. Эти требования можно выполнить нагреванием биомассы до 55°C в течение четырех часов, соответственно при 70°C в течение одного часа. Биогаз, который генерируется во время этого процесса, представляет собой смесь газа, состоящего из метана ($60\ldots 70\%$), углекислого газа ($30\ldots 40\%$) и сероводорода, в качестве рассеянных величин H_2 (водорода), N_2 (азота). Горючую составляющую представляет метан, который имеет теплотворность почти $34 \text{ МДж} / \text{м}^3$, соответственно его энергетическое значение составляет почти $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на $1 \text{ м}^3 \text{ CH}_4$. Это означает, что биогаз имеет теплотворность почти $23 \text{ МДж} / \text{м}^3$, соответственно энергетическое значение почти $6\ldots 7 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ на 1 м^3 биогаза.

В течение последних лет в Словакии интенсивно строили и инспектировали централизованные устройства для производства биогаза. В этих случаях речь идет о подвозе сельскохозяйственных отходов со многих ферм с помощью цистерны для перевозки кала к центральному устройству вместе с другими органическими материалами. Дегазованный продукт снова цистерной для перевозки кала отвозится на ферму и укладывается в емкость, в которой сохраняется с целью дальнейшего использования в качестве удобрения на ферме.

Прежде чем сформулировать оценку потенциального использования биогаза в Словакии, целесообразно вспомнить основные виды сырья, используемые для анаэробного разложения и их источники [61]:

- а) отходы животных (сельскохозяйственный сектор);
- б) коммунальные твердые отходы и очистка сточных вод (сектор отходов);
- в) древесные отходы (сектор отходов).

2.3.3 Виды биогаза

Биогаз из сельскохозяйственной продукции

В производстве биогаза в сельскохозяйственном секторе в качестве хорошего сырья используют отходы с ферм. Наиболее выгодным сырьем для производства биогаза являются жидкие и полужидкие отходы (а не рециклированные твердые отходы).

В настоящее время к приведенной смеси часто добавляют и другие виды биомассы, чтобы производство и его экономика были максимально эффективны. Добавление этих отходов повышает содержание веществ в конечном удобрении. В определенных случаях для эксплуатирующего предпринимателя это может быть источником добавочных прибылей с платежей за прием органических отходов, за устранение которых другим способом (например, укладывание на свалке или сжигание в печах) их производители вынуждены были бы платить больше.

Типичное альтернативное использование фермерских отходов в Словакии заключается в его свободной аппликации на открытом поле, где происходит аэробное разложение. Этот процесс происходит медленнее, и существует риск, что вещества (каким является, например, азот) вымываются из земли быстрее, чем растения их поглощают. Другой проблемой в этом методе решения устранения отходов является свободное улетучивание метана в атмосферу, что способствует глобальному потеплению на Земле.

После так называемой «Бархатной революции» в 1989 г. словацкое сельское хозяйство вступило в процесс реформ, в котором были постепенно устранены социалистические формы хозяйствования, и колхозы были разделены на множество самостоятельных субъектов.

Таблицы 2.12 и 2.13 отражают новую структуру словацкого сельскохозяйственного сектора и приводят число предпринимательских субъектов по их величине [62].

Т а б л и ц а 2.12 — Число фермерских субъектов в словацком сельскохозяйственном секторе по их величине [62]

Субъект (предприятие)	Малые	Средние	Большие	Всего
Самостоятельные крестьяне (не входящие в предпринимательский регистр)	8,584	13,000	—	8,597
Самостоятельные крестьяне (входящие в предпринимательский регистр)	11,000	—	—	11,000
Открытые деловые общества	4,000	1,000	—	5,000
Общества с ограниченной ответственностью	88,000	51,000	—	139,000
Акционерные общества	13,000	55,000	2,000	70,000
Колхозы	83,000	909,000	4,000	996,000

Окончание табл. 2.12

Субъект (предприятие)	Малые	Средние	Большие	Всего
Государственные предприятия	75,000	158,000	6,000	239,000
Расчетные и членские организации	19,000	29,000	1,000	49,000
Частный сектор	8,782	1,022	5,000	9,809
Общественный сектор	97,000	194,000	8,000	299,000

Т а б л и ц а 2.13 — Число животных по видам и фермерские субъекты в Словакии, в которых они разводятся (на 1995 г.), тыс. т. [62]

Животные	Государственные фермы	Колхозы	Самостоятельные крестьяне	Сельское хозяйство в целом
Рогатый скот	147	599	120	929
в том числе коров	57	223	51	355
Свиньи	249	1 129	428	2 076
в том числе поросят	21	97	27	160
Птица	1 468	2 277	5 241	13 382
в том числе кур	738	1 022	3 928	7 625

Потенциал производства биогаза из фермерского навоза с сухим содержанием 5% органической пыли составляет обычно 0,2...0,3 м³ СН₄/кг или 100...150 кВт·ч на одну тонну жидкого навоза. Потенциал производства из этого навоза зависит также и от того, как животных кормили, как подготовлена пища, а также от содержания сухих веществ. Отличия в потенциале генерирования биогаза из навоза довольно значительны.

В целом, в области биогаза можно учитывать следующие величины потенциала (навоза), который производят различные животные [61]:

- 1 корова (500 кг) — 7 кВт·ч / день;
- 1 свинья (150 кг) — 2 кВт·ч / день;
- 10 свиной (выше 60 кг) — 9 кВт·ч / день;
- 200 единиц птиц — 10 кВт·ч / день.

Из 1 кг сухого навоза можно теоретически получить [61]:

- 141 л CH_4 в навозе дойных коров (т. е. 1,414 кВт · ч / кг);
- 171 л CH_4 в навозе откормленных быков (т. е. 1,712 кВт · ч / кг);
- 218 л CH_4 в навозе свиней (т. е. 2,175 кВт · ч / кг);
- 202 л CH_4 в помете птиц (т. е. 2,14 кВт · ч / кг).

По результатам последних исследований, проведенных в Голландии, доказано, что из свежих экскрементов сельскохозяйственных животных можно получить следующее количество биогаза [61]:

- от *рогатого скота*: 1 дойная корова — 600 м³/г. (т. е. 3666,0 кВт · ч / г.); 1 теленок — 400 м³/г. (т. е. 2444,0 кВт · ч / г.);
- *свины*: 1 свинья — 110 м³/г. (т. е. 672,0 кВт · ч / г.); 1 поросенок — 70 м³/г. (т. е. 427,7 кВт · ч / г.);
- *птицы*: 1 несушка — 5,8 м³/г. (т. е. 35,5 кВт · ч / г.); 1 бройлерная — 3,0 м³/г. (т. е. 18,3 кВт · ч / г.).

При свободном содержании необходимо учитывать уменьшение на 10...30% в результате улетучивания разлагаемых органических веществ. При содержании животных с соломой или опилками повышается производство биогаза на долю гидролизованной соломы. Учитывается, что 1 кг соломы повышает производство биогаза на 0,15...0,35 м³. Высокое производство биогаза осуществляется при переработке органических отходов с пищевых предприятий и мяса с мясокомбинатов. Некоторые источники [55] указывают, что с 1 м³ такого материала можно получить почти 100 м³ биогаза. Другие авторы приводят отличающиеся данные о биогазе, которые сведены в таблицы 2.14 и 2.15 [54].

Т а б л и ц а 2.14 — Количество навоза и производимое количество биогаза, полученных от сельскохозяйственных животных [54]

Категория	Сухой навоз, включая мочу, кг / день	Навоз в целом, кг / день	Количество биогаза, м ³ / день
<i>Рогатый скот, в среднем</i>			
Дойная корова (550 кг)	6,000	60,000	1,700
Яловые коровы (330 кг)	3,500	35,000	0,900
Телята (100 кг)	1,250	12,000...15,000	0,300

Окончание табл. 2.14

Категория	Сухой навоз, включая мочу, кг / день	Навоз в целом, кг / день	Количество биогаза, м ³ / день
<i>Свины, в среднем</i>			
Поросята (70 кг)	0,500	8,500	0,200
Свиноматки с поросятами (90 кг)	0,550	9,000	0,200
Поросята (10 кг)	0,150	3,000	0,100
Поросята (23 кг)	0,250	4,000	0,150
Кабаны (250 кг)	1,300	18,500	0,300
<i>Птица, в среднем</i>			
Несушки (2,2 кг)	0,036	0,160...0,300	0,016
Бройлеры (0,8 кг)	0,020	0,009	0,016
Цыплята (1,1 кг)	0,020	0,009	0,016

Т а б л и ц а 2.15 — Влияние состава органической массы на количество, состав и теплотворность биогаза [54]

Вещество	Специальная продукция биогаза м ³ на 1 кг разложенного вещества	Содержание СН ₄ в биогазе, %	Теплотворность биогаза (примерная), МДж / м ³
Жиры	1,125...1,515	62...67	23,45
Сахариды	0,790...0,875	50	17,75
Белки	0,560...0,75	61...84	24,85
Жижа из очистных сооружений	0,800...1,300	65...75	23,00
Свиные экскременты	1,050	64...70	22,00

Количество биогаза, его состав и теплотворность зависят также и от состава органических веществ (см. табл. 2.15).

На основе данных из источника [62], а также информации, полученной одним из авторов во время учебных экскурсий на фирму *Hochreiter* (Голландия) [63], были получены данные, которые представлены в таблице 2.16, а также на рисунке 2.43.

Т а б л и ц а 2.16 — Оценка потенциала биогаза и энергии в Словакии с учетом использования навоза скота

Число животных (коров), млн	Производство навоза, млн т / г.	Производство биогаза, млн т / г.	Потенциал из биогаза, ПДж / г.	Производство электричества, млрд кВт·ч / г.	Производство тепла, млрд кВт·ч / г.
1	10	230	5,4	0,5	1,0
10	100	2 300	54	5	10
100	1 000	23 000	540	50	100

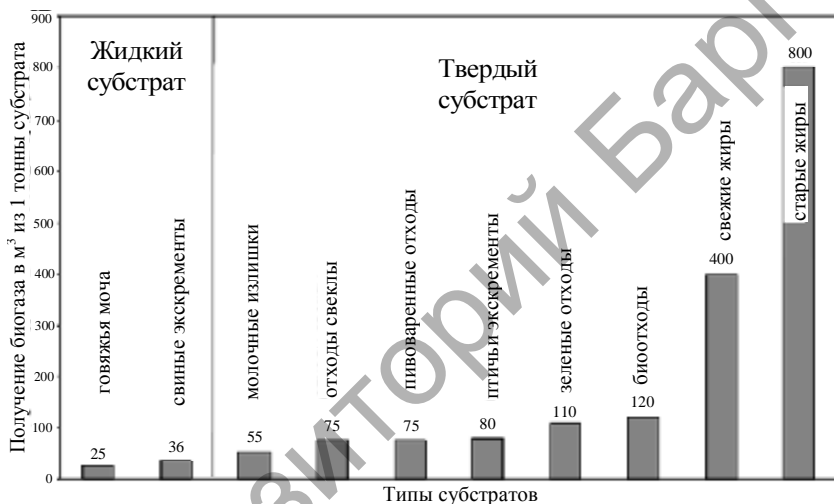


Рисунок 2.43 — Выход газа из разных субстратов [63]

Как было упомянуто выше, в Словакии существует значительный потенциал в области использования анаэробного разложения при производстве энергии. В отличие от сжигания соломы и дерева, биогаз удастся использовать без каких-либо проблем для производства электрической энергии и тепла, соответственно, и холода, поскольку на словацком рынке есть много доступных выгодных приводных устройств на газе.

Биогаз удастся сжигать в устройстве для выработки энергии, а остающееся тепло можно использовать для обогрева, а также для

охлаждения. Генерированное электричество, тепло и холод позволяют использовать, например, в рамках сельскохозяйственных ферм или для потребностей коммунального сектора. В соответствии с новыми законами в Словакии, избыточное электричество должна покупать электрическая компания (*SE, a.s.*).

Высокая концентрация сельскохозяйственных животных на больших фермах (наследие времен социалистического хозяйствования) создают очень хорошие условия для производства биогаза (см. табл. 2.16).

Грубую оценку потенциала биогаза в Словакии можно произвести, например, рассчитывая использование навоза лишь от рогатого скота. С одного миллиона голов скота в Словакии ежегодно выходит 10 млн т навозной жижи, которую можно использовать для производства биогаза. Из этого сырья потенциально можно произвести 0,23 млрд м³ биогаза ежегодно, а весь энергетический потенциал, заключенный в ней, составляет 5,4 ПДж в год или 1,5 млрд кВт · ч электрической энергии. Использование технологии на базе парогенераторных циклов позволяет ежегодно произвести почти 0,5 млрд кВт · ч электричества и 1 млрд (3,6 ПДж) тепла. Следующий потенциал можно ожидать, используя навоз других животных, например, от свиней и птицы.

Средняя потребность тепла в бытовой и коммунальной сфере в жилых массивах составляет в Словакии 0,6 ГДж / м² (49 ГДж на квартиру в год). Потенциал биогаза из навоза скота является достаточным для покрытия тепловой потребности 73 000 квартир [5].

Биогаз генерируется постоянно как результат разложения органических веществ, главным образом отходов, что оказывает деструктивное действие на атмосферу. Его использование на получение энергии необходимо понимать как *экологически позитивный способ* переработки органических отходов, поскольку существенно снижает объем метана, поступающего в атмосферу. Это важно для сельскохозяйственного сектора Словакии, где существуют проблемы безопасного складирования и переработки навоза животных.

Интенсивное использование анаэробного разложения отходов сельского хозяйства имеет ряд преимуществ: значительно уменьшается объем непереработанного навоза животных, применяемого на полях, что снижает как риск заражения подземных вод, так и нарушение равномерности веществ в земле (внезапное насыщение веществами с их последующим вымыванием быстрее, чем они могли бы быть востребованы растениями).

В настоящее время в Словакии в области манипуляции с навозом в сельскохозяйственном секторе действует политика и стратегия защиты окружающего пространства в области сельского хозяйства, поддерживаемая следующими документами:

- директивой Министерства сельского хозяйства и указаниями СР5001 / 1982 о манипуляции с навозом и складировании силосных жиж, которые определяют принципы для манипуляции использования навозной жижи в качестве удобрения;

- правилами для сельскохозяйственной практики в РС (1996), рекомендуемыми среди других мероприятия для защиты плодородности почвы перед внесением удобрений и экологическое направление науки в области сельского хозяйства в Словакии.

Биогаз из очистных сооружений (иловый газ)

Другим наиболее значимым источником биогаза является сектор очистных сооружений сточных вод (рис. 2.44). Биогаз можно потенциально вырабатывать и использовать в различных устройствах для очистки сточных вод в Словакии, и многие из них уже эксплуатируются для последующего получения энергии.



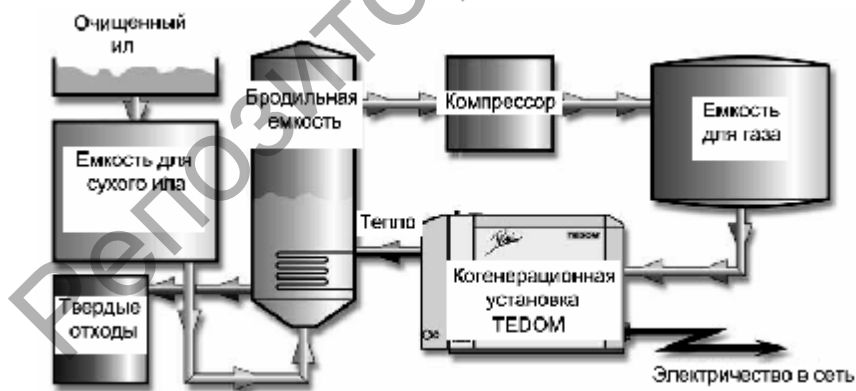
Рисунок 2.44 — Очистные сооружения сточных вод [49]

При анаэробном процессе (рис. 2.45), который в настоящее время используется для очистки высококонцентрированных сточных вод, происходит последующее получение примерно 90% содержания энергии субстрата в виде илового газа. Главными составляющими илового газа являются метан (65...75%), углекислый газ (25...35%) и оксид азота (см. рис. 2.49).

Если принять во внимание тот факт, что средняя теплотворность биогаза приблизительно $23 \text{ МДж} / \text{м}^3$, то это означает, что для эксплуатации 40 кВт когенерационной установки на ОССВ необходимо оптимально выработать $21,8 \text{ м}^3 / \text{ч}$ илового газа [49].

Общее число ОССВ в хозяйствах Словакии в 1997 г. составляло 363, и их суммарная очистная мощность достигала 2 млн м^3 сточных вод ежедневно. Кроме того, многие большие предприятия имеют собственные устройства для очистки сточных вод. В настоящее время в Словакии имеется приблизительно 35 больших промышленных ОССВ.

При оценке производства биогаза в Словакии необходимо знать число предприятий и граждан, пользующихся общей системой канализации, а также системой коммунальных устройств для очистки сточных вод. Эти факты зафиксированы в таблицах 2.17—2.19, которые были выполнены на основе данных [5; 54].



- 1 — твердые отходы; 2 — емкость для сухого ила; 3 — очищенный ил;
 4 — бродильная емкость; 5 — компрессор; 6 — емкость для газа;
 7 — когенерационная установка TEDOM

Рисунок 2.45 — Схема получения биогаза из ОССВ [49]

Т а б л и ц а 2.17 — Число и процент словацких предприятий и жилья граждан, присоединенных к общей канализации без очистных сооружений сточных вод и то же самое для предприятий и граждан, присоединенных к канализации, связанной с ОССВ [54]

Число	Общественная канализация без ОССВ	Процент	Общественная канализация с ОССВ	Процент
Словацкие предприятия, связанные с ОССВ	113	4	259	9
Граждане Словакии, связанные с ОССВ	178 424	4	2 671 532	49

Т а б л и ц а 2.18 — Общее число и процент словацких предприятий и жилья граждан, связанных и не связанных с обеими системами [54]

Общее число	Связанных с обеими системами	Процент	Не связанных с обеими системами	Процент
Словацкие предприятия	372	13	2 499	87
Граждане Словакии	2 849 956	53	2 523 854	47

Т а б л и ц а 2.19 — Процент жилья граждан больших словацких городов, пользующихся канализационной системой с ОССВ [54]

Большие города в Словакии	Братислава	Кошице	Банска Быстрица	Мартин	Жиар над Гроном	Требишов
*	96,3	91	73,9	74	44	27
<i>Примечание.</i> * Процент граждан, пользующихся канализацией, связанной с ОССВ.						

Как видно из таблиц, число предприятий в Словакии, подсоединенных к очистным сооружениям, невелико. Это вызвано главным образом тем, что к ОССВ достаточно хорошо подготовлены большие города

(см. табл. 2.19), а в малых городах и селах жители еще для утилизации сточных вод используют отвалы.

И даже при индивидуальных «мусорках» наилучшим решением является очистка коммунальных отходов, а также использование ОССВ (рис. 2.46). Это существенно повышает потенциал возможного производства илового газа в Словакии. В действительности этим способом в Словакии перерабатывается лишь меньшая часть содержимого «мусорок», в то время как большая часть используется для компостирования, отвозится на свалки или сжигается.

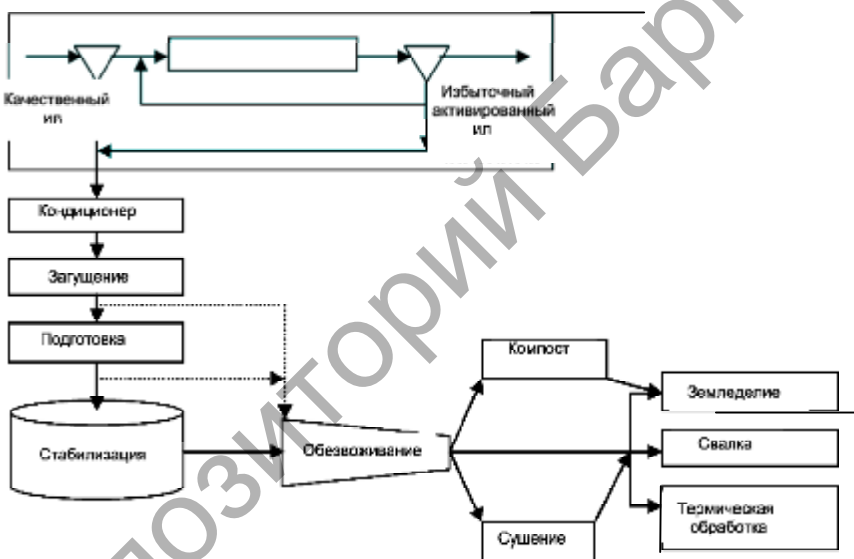


Рисунок 2.46 — Общая схема переработки ила на ОССВ [54]

С точки зрения производства биогаза важно то, что в Словакии к ОССВ через канализационную сеть присоединено жилье половины жителей (49%). Речь идет о той части населения, которая живет в больших городах, где больше всего собирается сточных вод.

В настоящее время не существует точной статистики, касающейся числа ОССВ в Словакии, которые оборудованы когенерационными системами с комбинированным производством электричества

и тепла. Хотя имеются известные примеры эксплуатации устройств для очистки сточных вод с когенерационным блоком: ОССВ в Дольном Кубине (40 кВт), в Середи (40 кВт), во Врутках (40 кВт), в Банской Быстрице (160 кВт), в Трнаве (400 кВт) [5].

Ежегодная используемая потребность илового газа словацких ОССВ была оценена в 31 млн м³. Теплотворность приведенного объема составляет 682,5 ТДж / г., что соответствует 59,58 ГВт · ч электрической энергии и 386,2 ТДж тепла ежегодно [49].

В области законодательства по вопросам воды, включая защиту подземных вод, очистку сточных вод, переработку и использование илового газа, имеются следующие юридические документы:

– *Закон о воде 138 / 73*, который является основным юридическим документом, отражающим комплексные проблемы с водой: Закон содержит основные определения (виды вод, загрязняющие факторы, компетенции, максимальные величины выпуска для отдельных видов воды, а также обязанности очищать сточные воды);

– *Директива правительства Словакии 23 / 77*. Здесь приведен список всех веществ, которые имеют потенциальное вредное воздействие на воду и на землю, причем внимание уделяется подземным водам как главному источнику питьевой воды в Словакии. Приведенный список содержит положения о животном навозе, силосной жиже и подобных сельскохозяйственных отходах, а также регулирует их использование и переработку с целью защиты воды, земли и, главным образом, подземных вод.

В Словакии для хозяев и эксплуатационных служб ОССВ в настоящее время не существует юридической обязанности использовать иловый газ, генерированный в их устройствах. Маловероятно также, что эта обязанность будет узаконена в будущем. Доводом является то, что проявить интерес к инвестициям на устройство для последующего получения энергии посредством снижения эксплуатационных расходов (благодаря использованию илового газа) должны прежде всего хозяева ОССВ.

Биогаз из отходов (газ со свалок)

Верифицированные данные о количестве произведенных отходов за 2004 г. в тоннах приведены в таблице 2.20. Число отдельных видов отходов выросло с 709 видов в 1991 г. до 749 видов в 2004 г. [64].

Общее число возникших отходов в сравнении с 2003 г. ниже почти на 9% [5; 64]. Количество небезопасных отходов, возникших

Т а б л и ц а 2.20 — Баланс возникновения отходов в Словакии за 2004 г. [64]

Вид отходов	Количество, т
Небезопасные	1 021 201
Остальные	14 885 778
Из того коммунальные	1 475 122
И Т О Г О	15 906 979

в 2004 г., упало, в сравнении с 2003 г., на 7,8%. Количество в тоннах и способ загрузки с домашними, другими и специальными отходами в РС приведены в таблице 2.21.

Общее производство твердых коммунальных отходов на одного гражданина в Словакии ежегодно достигает приблизительно 250...350 кг [5; 64].

На словацкой земле в 1993 г. было 8 372 учтенных свалок для отходов, причем в 1995 г. после санации их было 6 370. Из всего числа свалок было лишь 617 регулируемых, из которых 408 свалок, эксплуатируемых на основе особых условий учреждений коммунальных служб Словакии. Из всего числа свалок специальные отходы складываются на 6 871 свалке и небезопасные отходы — на 128 свалках, часто с загрязнением вредными веществами горного пространства, подземных и поверхностных вод [65]. Приблизительно 90% твердых коммунальных отходов, произведенных в Словакии, укладывается на свалках [5].

Т а б л и ц а 2.21 — Количество и загрузка отходов в Словакии в 2004 г. [64]

Вид отходов и способ их загрузки	Отходы целиком, т	Небезопасные отходы, т	Остальные отходы, т
Домашние (передача отходов для использования)	99 064	103	98 961
Остальные (передача другой организации)	706 077	24 710	681 367
Специальные (складирование отходов)	986 149	14 051	972 097
И Т О Г О	1 791 290	38 864	1 752 425

В каждом из округов Братиславы — Видик, Трнава, Жиар над Гроном, Спишка Нова Вес, Рожнява, Братислава и Кошице — ежегодное количество отходов, уложенных на свалки, превышает 500 т / км² (в округах Кошице и Приевидза уже 1 000 т / км²). В этих округах укладывается на свалках наибольшее количество из всего объема отходов (выше 10 млн т), местами превышая 70 млн т. В соответствии с действующими предписаниями для хозяйства свалок в 1994 г. было организовано 9 свалок регионального характера. Следующие 28 организируются в настоящее время [61].

С точки зрения генерирования биогаза удается использовать лишь ту часть отходов, уложенных на свалках, которая содержит органические отходы. Разложение этого материала на свалках генерирует биогаз, известный под названием «свалочный газ». Этот биогаз имеет такой же состав, как и другие виды газов, приведенные выше, например, биогаз из навоза и ила с ОССВ: 50...70% этого газа составляет метан, остальное — азот, углекислый газ и вода.

Из годового количества твердых коммунальных отходов, произведенных в Словакии (примерно 1,7 млн т), 400 000 т составляют органические отходы. Складирование такого объема приводит к генерированию газа на свалках, способного произвести примерно 0,3 млрд кВт · ч электрической энергии и 0,6 млрд тепла ежегодно. Это количество электричества удовлетворило бы 10% потребности в электричестве словацких домашних хозяйств, и генерированного тепла хватило бы на снабжение 30 000 квартир [61].

Объем такого генерированного свалочного газа дает возможность определить оценочное количество СН₄ эмиссии со свалок ТКО. В 2000 г. это количество было в пределах 53 000 т [61].

Однако необходимо вспомнить, что этот потенциал удается реализовать лишь с регулируемых свалок, которые используют современные технологии складирования главным образом в области инфраструктуры сбора биогаза. Такие свалки начинают генерировать биогаз после 12 месяцев с начала их введения и будут производить значительные объемы биогаза почти 30 лет, в зависимости от состава отходов, которые уложены на свалке.

В настоящее время в Словакии приблизительно 200 регулируемых свалок, которые используют технологии, дающие экономическое использование биогаза. Все вновь заложенные свалки могли бы

применять современные технологии, которые бы позволили сбор местного свалочного газа и его использование.

В Словакии принят ряд документов, касающихся вопросов генерирования и использования свалочного газа:

– *Программа переработки отходов в Словакии*, которая обязывает использовать менее 20% биологических отходов в качестве органических отходов;

– *Директива правительства Словакии 606/1992 о переработке отходов*, которая определяет правила складирования. Новые свалки, где существует предположение о генерировании свалочного газа (в складированных отходах должна быть часть органических отходов), должны иметь систему отвода биогаза. Кроме того, здесь существует необходимость контролировать качество и состав биогаза не менее двух раз в год;

– *Закон Словацкого народного совета 309/1992 о платах за удаление отходов*, который устанавливает более высокие ставки за складирование отходов на свалки, не выполняющие установленные законом требования (главным образом в области стойкости против утечек и технологий отвода биогаза);

– *Решение к закону СНС 309/1991 об охране воздушного пространства загрязнением*, включая свалку, в списке источников загрязнения воздушного пространства;

– *Закон СНС 223/2001 Свода законов от 15.05.2001 об отходах и об изменении и дополнении некоторых законов*;

– *Директива СНС 283/2001 Свода законов от 11.6.2001 о выполнении некоторых положений закона об отходах* (§ 27, абзац 7: «Свалочный газ должен быть собран со всех свалок отходов, на которых складировать биологически разлагаемые отходы. Собираемый свалочный газ должен быть обработан и использован для производства энергии; если собранный свалочный газ не может быть использован для выработки энергии, то он должен сжигаться.»);

– *Закон СНС 70/1998 Сборника законов от 11.02.1998 об энергетике и об изменении закона 455/1991*. (Сборник законов о животноводческом предпринимательстве (животноводческий закон) в тексте последних предписаний (в тексте закона СНС 276/2001 от 01.08.2001));

– *Директива правительства Европы 1999/31/ЕС о свалках отходов с 26.04.1999*.

Актуализация законных мероприятий в будущем уже началась в смысле соблюдения последующего получения, складирования и использования свалочного газа, хотя современный закон не принуждает хозяев или эксплуатирующих свалки использовать свалочный генерированный газ.

Биогаз из древесных отходов (древесный газ)

Леса покрывают почти 42% территории Словакии. Под энергетическим потенциалом подразумевают лишь древесные отходы в разных видах в соответствии с площадью лесной растительности. Древесные отходы, в соответствии с происхождением, можно разделить на отходы, возникающие при обычной переработке дерева, при вторичной переработке дерева, и отходы, возникающие в сфере потребления [64].

Известно, что в настоящее время вырабатывается более чем 900 000 т лесной биомассы с энергетическим потенциалом 8 769,38 ТДж. Согласно актуализированной энергетической концепции, правительство Словакии предусматривает заложение 25 000 га лесов быстрорастущих деревьев. Технологические возможности выработки лесной биомассы (тонкоствольный и толстоствольный лес) ограничены соответствующими предписаниями. На манипуляционно-экспедиционных складах, местах вывоза и строительно-стекольном производстве возникают другие древесные отходы. При прореживании во время заготовки дерева для топлива и в деревообрабатывающей промышленности появляется значительное количество древесных отходов [64].

В первую очередь сюда относятся древесные отходы, возникающие в сфере потребления, с общим ежегодным количеством 133 200 т [64].

В таблице 2.22 представлен общий энергетический потенциал древесных отходов, которые можно было бы переработать в условиях Словакии.

Этот потенциал и его энергетический эквивалент можно было бы реализовать тоже путем газообразования, если возникает генераторный газ, так называемый древесный газ. История его использования, а также его возникновения исходит от времени перед рождением Христа, когда в костровых печах вырабатывали древесный уголь,

Т а б л и ц а 2.22 — Общий энергетический потенциал древесных отходов [64]

Вид древесных отходов	Используемое количество, т / г.	Энергетический эквивалент, ТДж / г.
Лесная биомасса	903 030	8 769,38
Отходы из деревообрабатывающей промышленности	1 265 000	15 861,80
Древесные коммунальные отходы	133 200	1 466,01
И Т О Г О	2 301 230	26 097,19

и древесный газ возникал как ненужный и неизвестный промежуточный продукт. Определенное возобновление использования древесного газа наступило во время Второй мировой войны, когда возник недостаток других видов ископаемого топлива (угля, нефти, бензина и др.) в связи с нарушением транспортных сетей, и древесный газ начали использовать как для гражданского, так и для военного транспорта.

Древесный газ в качестве главной составляющей содержит СО (что в определенной мере способствует риску его использования в закрытых пространствах [62]), в меньшей концентрации в нем из горючих газов выступают CH_4 и H_2 . Большую часть образует азот, забираемый из воздуха для газообразования. Его теплотворность составляет 4 600...5 850 кДж / м³, что значительно меньше по сравнению с природным газом, который имеет теплотворность почти 34 500 кДж / м³, и с пропан-бутаном, теплотворность которого составляет 96 140 кДж / м³. Важной является не теплотворность чистых газов, а их смесь с воздухом. В смеси «генерированный газ—воздух» теплотворность составляет почти 2 500 кДж / м³, в бензиновых парах или парах с пропан-бутаном теплотворность составляет 3 345 кДж / м³. В связи с этим мощность двигателя на древесном газе при одинаковом диаметре цилиндров лишь на 20...30% ниже, чем при работе на бензине [54]: 1 л бензина соответствует 2,6...3 кг дерева или 1,8...2 кг древесного угля; 1 л нефти соответствует 3,64...4,2 дерева или 2,52...2,8 кг древесного угля.

Устройства для производства древесного угля состоят из:

- генератора;
- грубого фильтра (чаще всего циклона для улавливания воды, пепла и топлива);

- воздушного охладителя;
- тонкого фильтра;
- вентилятора;
- регулировочных устройств.

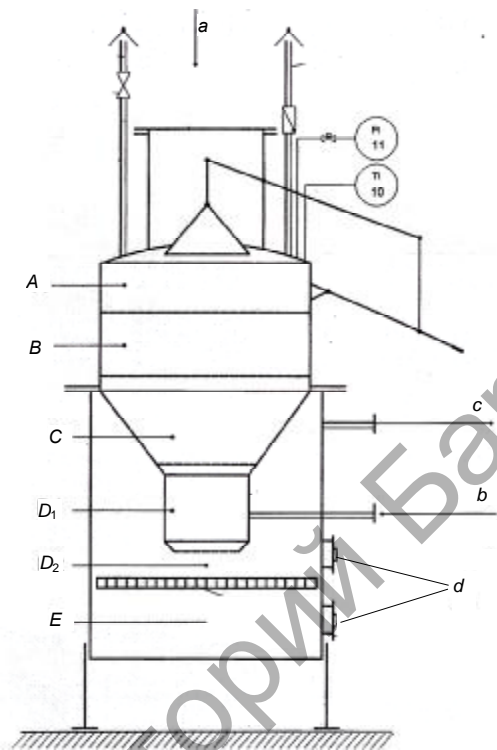
Вентилятор используется во время пуска или при работе устройства вхолостую, а также при падении температуры в генераторе. В процессе работы нагнетание воздуха в генератор регулируется газовой смесью в двигателе. Он может работать также в качестве когенерационной установки, другими словами, может вырабатывать электрическую энергию и тепло.

Для газообразования пригодно твердое дерево (бук, дуб, вяз и др.) влажностью до 15% с величиной щепок диаметром 2...7 см и длиной до 10 см. Причиной использования малых щепок является повышенная опасность засорения генератора при использовании больших кусков дерева. Использование твердого дерева уже испытано, и преимуществом его является также выделение меньшего количества дегтя. Но даже в этом случае устройство необходимо чистить каждый день.

Испытания установок подобных типов интенсивно проводятся на многих крупных фирмах, производящих когенерационные установки, например, на фирмах *Hochreiter*, *SRN*, *Jenbacher* и др. В Словакии такой тип установки испытывают в Техническом университете г. Зволен [67]. Данную установку поставила фирма *SES, a.s. Tlmače*. Схема устройства показана на рисунке 2.47.

2.3.4. Биогаз — источник энергии

Газы сопровождают человека на протяжении всей истории его пребывания на нашей планете, от древних времен до сегодняшних дней. В составе воздушной оболочки планеты Земля (смесь водорода и кислорода), обуславливающей существование жизни, наиболее распространенным соединением является метан (CH_4). Он является главной составляющей природного газа (содержание метана в природном газе составляет почти 76...99%), залежи которого находятся на всех континентах и в прибрежных шельфах. Наиболее высокое содержание метана имеется, например, в природном газе, поставляемом из России (около 96...98%), и наиболее низкое — в некоторых типах



- a* — биотопливо (например, поленья дерева);
b — подвод воздуха; *c* — выход древесного газ;
d — отвод пепла; *A* — зона сушки, 150...170°C
 (образование водных и вторичных паров); *B* — зона
 пиролиза (деструктивная дестилляция дерева),
 200...800°C; *C* — зона оксидации (горение),
 1 000...1 400°C; *D* — зона редукции, 1 400...700°C:
*D*₁ — зона повышенной редукции *D*₂ — зона вторичной
 редукции, *E* — зона пепла

Рисунок 2.47 — Схема генератора
древесного газа [67]

природных газов, добываемых, например, в Норвегии, а также у газов с нефтяных месторождений (76...86%). Основой в природном газе являются высшие углеводороды, например, этан, пропан, бутан и т. п., которые в поставляемом газе из России отфильтрованы. По этой причине теплота сгорания, а также теплотворность природного газа из Норвегии и из Алжира выше (табл. 2.23).

Т а б л и ц а 2.23 — Ориентировочные данные о теплоте сгорания, теплотворности и содержании метана в природном газе [49]

Вид топлива	Теплота сгорания, МДж / м ³	Теплотворность, МДж / м ³	СН ₄ , % объема
Природный газ (Россия)	39,85	35,93	98,10
Экофиск (Норвегия)	44,53	40,32	85,80
Гаси Р (Алжир)	46,08	41,83	76,00

На схеме (рис. 2.47) показана работа генератора древесного газа (иногда его называют пиролизной станцией). В топку станции подается биотопливо (дрова, стружка, опилки и т.п.). Биотопливо сушится в зоне А при температуре 150°С—170°С. При этом образуются водные и вторичные пары. Далее продукт попадает в зону пиролиза В, и при температуре 200°С—800°С происходит деструктивная дестилляция дерева. В зоне С происходит оксидация продукта (горение) при температуре 1 000°С—1 400°С. При этом происходит неполная оксидация, катализованная оксидация углерода образует углекислый газ СО ($C + 1/2O_2 \rightarrow CO$). Температура в этой зоне зависит от влажности используемого топлива. В зоне редукции D, состоящей из двух зон D₁ и D₂, происходит разложение дегтя, редукция СО₂ на СО₂Н₂О + С → СО + Н₂. Зона D₁ — это зона повышенной редукции, отличается эндотермическими реакциями, поэтому в этой зоне температура понижается. Зона D₂ — зона вторичной редукции, здесь происходит остаточная редукция СО₂ на СО, стабилизация и его охлаждение. Редукционная зона характеризуется большим недостатком кислорода. После полного окончания процесса пиролиза образуется пепел, попадающий в зону Е.

Подробный анализ энергетического потребления в Республике Словакии показал, что в сравнении с развитыми странами Словацкая Республика в 2—3 раза больше потребляет энергии в промышленности [5].

Одной из возможностей экономии топлива является использование возобновляемых современных источников энергии. Анализ используемого потенциала вторичных источников показал, что их значение в условиях Словакии имеет, главным образом, локальный, в большей степени региональный характер, поэтому необходимо создавать условия для их максимального использования. Одной из целей энергетической политики любого государства является

восполнение прироста в потреблении энергии путем использования возобновляемых источников энергии в максимальной степени и внедрения комбинированных способов производства электроэнергии и тепла, а также комбинированного способа производства электрической энергии, тепла и холода.

Одной из возможных форм повышения экономичности сельскохозяйственного предприятия (фирмы, лесного завода, малых и средних промышленных предприятий и т. п.) является использование биологического материала, который возникает в животноводстве, в виде отходов при обработке древесной массы, коммунальных и промышленных отходов для производства биогаза, а также тепла и электричества с помощью когенерационных систем.

Использование отходов, навоза сельскохозяйственных животных, древесных отходов от переработки дерева является эффективным возобновляемым источником энергии. Вопросам технологии производства и последующего использования энергии, полученной из биомассы, во многих странах уделяют большое внимание.

Биогаз, который возникает в процессе анаэробной ферментации, является источником не только тепловой энергии (используемой для прямого сжигания), но и — при последующей обработке — электрической энергии. Полученный биогаз удается использовать двумя способами. В первом случае часть полученного биогаза потребуется для подготовки теплой бытовой воды, необходимой на самой ферме для мытья, чистки, отопления и т. п. Для более целесообразного использования биогаза можно создать также систему тепличного хозяйства, которая использует существенную часть полученного биогаза преимущественно в зимнее время, весной и в осенний период. Секционная теплица большой площади, разделенная на части в направлении от периметра к центру, позволяющая в центральных частях выращивать экзотические культуры, повышает занятость населения в районе построенной теплицы, а полученная продукция повышает всю эффективность задуманного дела. Излишнее тепло можно использовать в устройствах для сушки фруктов или овощей. Такие сушилки требуют низкокалорийного тепла, которое возникает в процессе сжигания газа при подготовке теплой бытовой воды или во время производства электрической энергии.

Другим фактором эффективности подобных проектов является производство биогаза. Он является одним из наилучших видов

удобрения, которое можно использовать не только в предлагаемых теплицах, но и продавать для приусадебных и сельскохозяйственных целей. Полученное удобрение заменяет дорогие, а местами более или менее вредные искусственные удобрения. Полученное удобрение прошло термическую обработку и в нем, в отличие от классического удобрения, удалены зародыши и мертвые семена сорняков и других растений [5].

В летнее время полученный с меньшими расходами биогаз на отопление требуется в меньшем количестве. Поэтому расширяется комплекс систем выработки электрической энергии. Полученная электрическая энергия используется в технологии, а излишки продаются в общую сеть. В настоящее время законом установлена обязанность электросетям забирать выработанную электрическую энергию. В случае постройки емкостей для газа, предназначенных для хранения недельного производства биогаза, можно подавать в электрическую систему энергию в часы пик. В этом случае можно повысить полный баланс системы и в зимний период. Речь идет о продаже электрической энергии во время дневного часа пик и покупку дешевой энергии в ночное время. Разница в цене позволяет улучшить финансирование всего проекта.

На лесных заводах и у хозяев лесных древесных насаждений выгодным источником энергии являются отходы дендромассы, которые в настоящее время остаются лежать на местах переработки древесного материала.

Речь идет об использовании разных фракций древесной массы или о прямом сжигании для получения тепла в домах и административных зданиях, а также об изготовлении брикета, который продают как топливо для других потребителей.

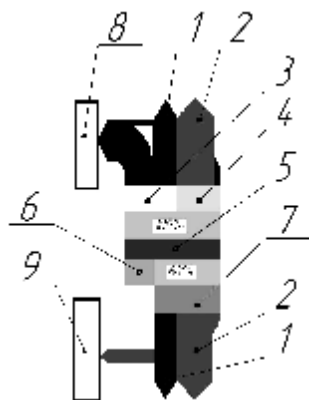
В настоящее время существует много фирм, которые занимаются проектированием технологических устройств, предназначенных для получения энергии из возобновляемых источников. Речь идет о больших проектных фирмах, которые занимаются внедрением технологических устройств, строительством технологических объектов и т. п. Приведенные фирмы способны выступать как финальные поставщики в области очистки канализационных вод, стальных конструкций, отопительных систем, машиностроительных устройств для деревообрабатывающих предприятий и т. п., включая разработку проектной документации.

Когенерационные установки — это энергетические установки, которые служат для генерации чаще всего двух (электричество, тепло) или трех (электричество, тепло и холод) видов энергии одновременно, (поэтому их называют также тригенерационными установками), обладающие более высокой суммарной мощностью, чем та, которую можно

было бы достигнуть несколькими отдельными самостоятельными устройствами, производящими отдельные виды энергии.

Чаще всего встречающаяся комбинация генерированных энергий — тепло и электрическая энергия — дала когенерационным установкам английское название *Combined Heat and Power (CHP)*. Механическая энергия, произведенная приводом когенерационной установки, используется в этом случае не в качестве привода электрического генератора, а прямо для привода, например, насосов, компрессоров, вентиляторов и др.

Использование когенерационных установок в качестве устройств для комбинированной выработки тепла и электрической энергии придало более высокую эффективность изменению энергии на другую форму энергии, в этом случае на тепловую и электрическую. При этом способе производства энергии происходит ее экономия в сравнении с отдельным производством тепла и электричества почти на 40% (рис. 2.48) [68].



- 1 — электроэнергия;
- 2 — тепло; 3 — электростанция;
- 4 — тепловая станция;
- 5 — тепловая энергия;
- 6 — экономия;
- 7 — когенерационная установка;
- 8 — затраты при производстве электроэнергии; 9 — затраты при производстве тепла

Рисунок 2.48 — Энергетическая диаграмма Санкова для когенерационной установки (по [68] с изменениями)

Общая эффективность достигает почти 90%. С этим остро контрастирует тот факт, что при производстве электричества на больших электростанциях эффективность составляет приблизительно 30%. На рисунке 2.49 изображен другой способ использования энергии в конвекционной системе, например, в когенерационной системе. Из рисунка видно, что на равное количество выработанной энергии и тепла требуется разное количество топлива. Точно так же отличаются

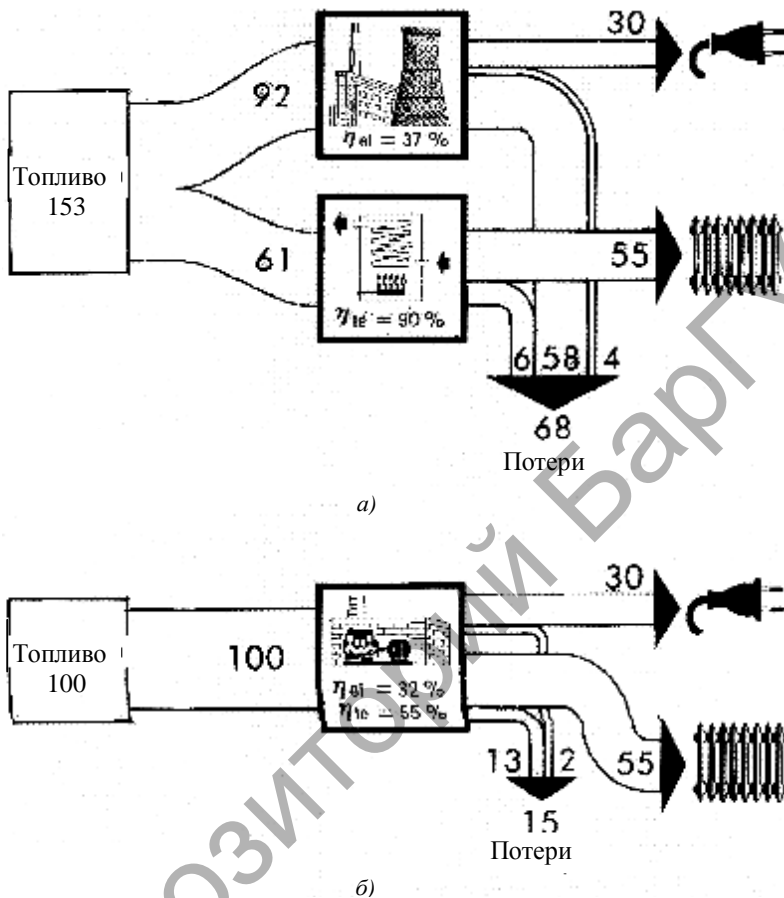
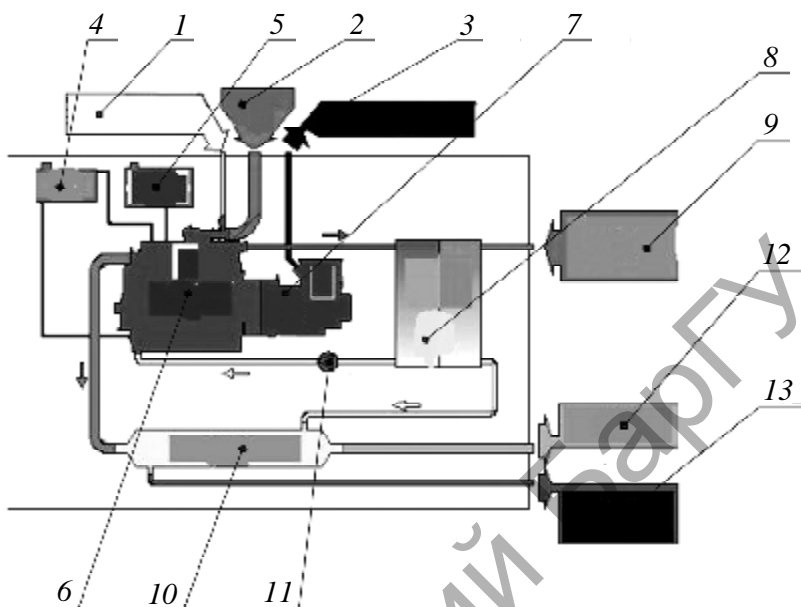


Рисунок 2.49 — Сравнение конвективной (а) и когенерационной (б) систем использования топлива [5]

и затраты, причем явная экономия энергии, почти 35%, наблюдается в случае использования когенерационной системы.

На рисунке 2.50 можно видеть, что для получения электричества и тепла конвективной и когенерационной системами для когенерационной системы требуется 100 единиц топлива, соответственно 100% количества топлива на ту же самую выработанную энергию (электричества 30 единиц, т. е. 30% и тепла 55 единиц, т. е. 55%);



- 1 — вход топлива в двигатель (природный газ; пропан-бутан и др.); 2 — вход воздуха в двигатель; 3 — выход электроэнергии; 4 — резервная емкость; 5 — емкость для моторного масла; 6 — двигатель; 7 — генератор; 8 — теплообменник (жидкость — вода); 9 — вход холодной воды в когенерационную установку (от внешней сети); 10 — обменник использованного газа — вода; 11 — насос; 12 — выход использованного газа из когенерационной установки; 13 — выход нагретой воды из когенерационной установки (вход во внешнюю сеть)

Рисунок 2.50 — Схема когенерационной установки (по [5] с изменениями)

а для конвективной системы необходимо 153 единицы топлива, т. е. 153%. Из этого простым расчетом получим энергетическую экономию около 35 единиц топлива, т. е. 35% [5]. Этим обосновывается эффективность устройств (см. рис. 2.50).

2.3.5 Принцип работы когенерационных установок

Главной частью когенерационной установки является двигатель (иногда турбина), соединенный с синхронным или асинхронным генератором, вырабатывающим электрический ток. Эта технологическая совокупность чаще всего упруго установлена на раме и вместе

со структурой обменников «продукты сгорания—вода», «масло—вода» и «вода—вода» позволяет комплексно использовать отводящее (см. рис. 2.50) тепло двигателя (рис. 2.51). Электрический распределитель, кроме текущих функций, обеспечивает автоматическое согласование фаз на сеть, регулирование и автоматизацию важнейших параметров. Когенерационная установка может эксплуатировать параллельно с сетью или работать самостоятельно, как дополнительный источник энергии [69].

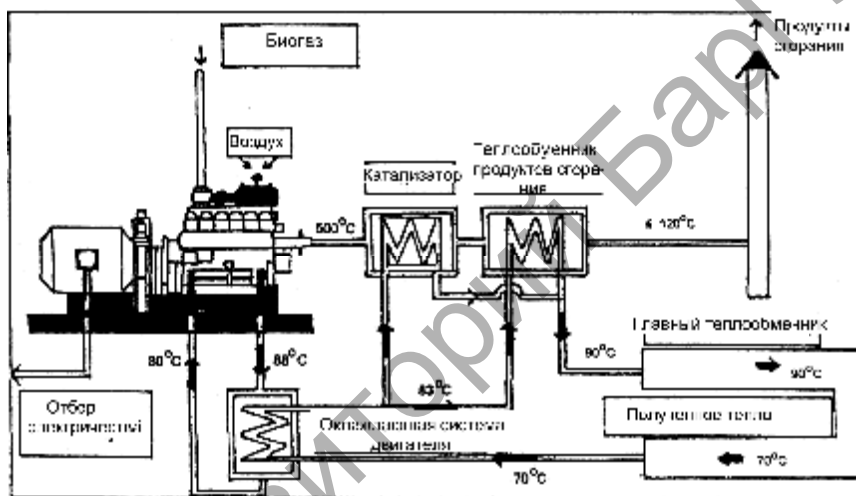


Рисунок 2.51 — Функциональная блочная схема основной модели когенерационной установки [69]

Как известно, при комбинированной выработке энергии на электрическую энергию приходится почти 34%, на выходящую тепловую энергию — почти 53%, остаток составляет около 13% затрат, отнесенных к продуктам сгорания (зависит от мощности энергетического устройства когенерационной установки).

Прямым результатом экономии хорошего топлива, по сравнению с отдельной выработкой тепла и электричества, является также падение эмиссии, которое происходит в когенерационной установке в виде продуктов сгорания. Современные способы устранения вредных

веществ из продуктов сгорания содержат эмиссию NO_x , CO , CO_2 , SO_2 на низком уровне. Это возможно обеспечить соединением серийного трехходового катализатора с зондом *Lambda*, который используется в современных легковых автомобилях с двигателями внутреннего сгорания. Когенерационная установка, сжигающая газовое топливо, со связанным катализатором, выделяет, в сравнении с классическими тепловыми установками для выработки тепла и электрической энергии, меньшую эмиссию NO_x на 25%. Вклад когенерации с использованием газа (природного газа, биогаза) как хорошего топлива состоит также в снижении эмиссии, которая способствует парниковому эффекту. И, несмотря на то, что общий эффект нагревания атмосферы, характеризуемый глобальным тепловым потенциалом (*GWP* — *Global Warming Potential*), образуется широким спектром соединений, абсолютный перевес на стороне эмиссии CO_2 , соответственно CH_4 (94% из доли *GWP*).

Когенерационные установки могут работать на разных топливах, чаще всего на природном газе, а также на биогазе. Принципиальная разница состоит в том, что биогаз содержит, в сравнении с природным газом, больше H_2S , который в дальнейшем способствует коррозии некоторых частей когенерационной установки. Это происходит в результате действия слабых кислот H_2SO_2 и H_2SO_3 , соответственно H_2SO_4 , которые возникают интеракцией H_2S с влагой [70]. Как было сказано выше, биогаз из-за своего состава не может заменить природный газ и требует для своего применения модифицированных потребителей. Принципиально известны типы биогаза (иловый, свалочный, древесный), они более-менее одинаковы, но отличаются всегда содержанием двух примесей [70]:

а) H_2S , который содержится в свалочном газе при стабилизированной метаногезе, заключенной в минимальной мере в сравнении с другими типами биогаза, причем наибольшее содержание H_2S было отмечено в биогазе из ОССВ — иловом газе;

б) галогенового углеводорода, куда входят хлористые и хлорфтористые углеводороды, образованные из свалочного газа (он содержит наибольшее их количество), из остатков разжижителей и натирочных масс, из растворителей и т. п.

Содержание H_2S и хлорфтористых углеводородов в свалочных газах, а также в иловых газах падает со старением свалок либо

с постепенным выгниванием ила. Разница в этом содержании для отдельных типов биогазов приведена в таблице 2.24 [69].

Качество используемого биогаза зависит от следующих составляющих: CH_4 , H_2 , CO_2 . Для использования в когенерационной установке очень важным является количество производимого биогаза, которое не должно быть ниже, чем $9 \text{ м}^3 / \text{ч}$ для когенерационной установки мощностью $15 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Очень важным фактором является также стабильность производства биогаза, хотя это можно легко стабилизировать посредством разных типов газгольдеров.

Как было упомянуто ранее, вся энергия, содержащаяся в биогазе, используется в газовых двигателях приблизительно на 90%, причем почти 34% идет на электрическую энергию и 56% на тепло.

В целом можно констатировать, что биогаз по своим качественным предпосылкам является очень хорошим топливом для когенерационных установок. Использование его в когенерационной установке решает также проблему негативного воздействия на окружающее пространство, так как биогаз не только ликвидируется, но и одновременно используется большая часть его полезной энергии (трансформированием), главным образом при децентрализованной, локальной системе производства тепла и электричества (рис. 2.52).

В первую очередь необходимо отметить, что биогаз относится к наиважнейшим парниковым газам, другими словами, к газам, которые способствуют в большой мере нарушению озонового слоя и нагреванию земного шара.

Т а б л и ц а 2.24 — Содержание сероводорода и галогеновых углеводородов в биогазе [69]

Тип биогаза	Содержание H_2S , $\text{мг} / \text{м}^3$	Содержание хлорфтористых углеводородов, $\text{мг} / \text{м}^3$
Биогаз из сельскохозяйственной продукции	50...6 000	0...10
Свалочный газ (со свалок)	0,5...20	50...200
Иловый газ	50...300	0...30

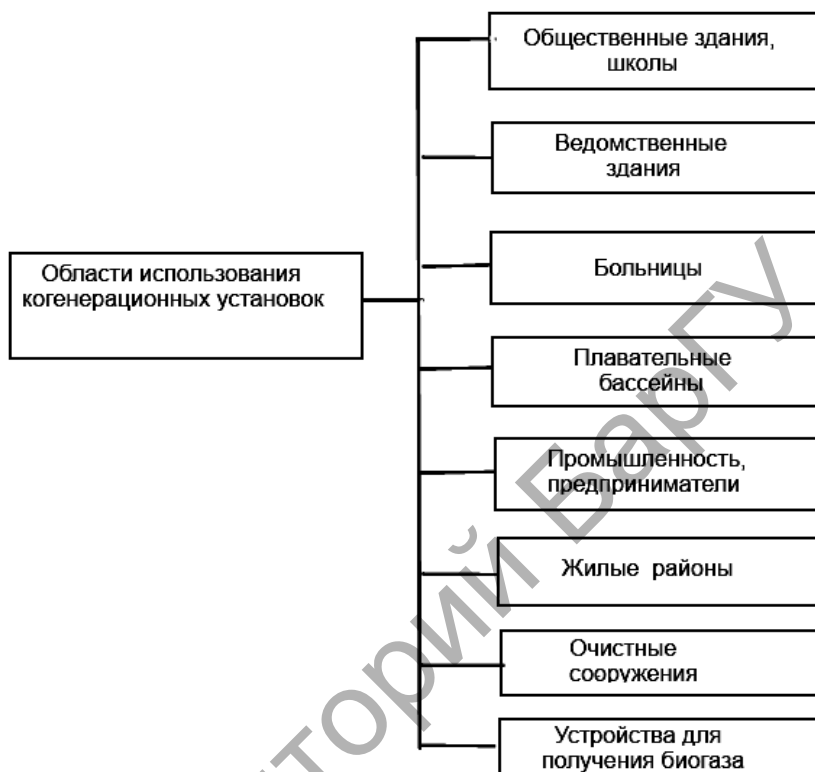


Рисунок 2.52 — Типичные области использования когенерационных установок

2.3.6 Обзор зарубежных когенерационных установок

ALSTOM POWER*

ALSTOM POWER является одним из крупнейших мировых производителей крупных установок для электростанций, пионером во внедрении комбинированных циклов производства электричества и тепла [71].

* Адрес: ALSTOM POWER
 Industrial Gas Turbines
 P. O. BOX 1, WATERSIDE SOUTH
 Lincoln, LN5 7FD, Sweden

Фирма *ALSTOM POWER* является известным в мире производителем крупных когенерационных установок, работающих на базе газовых турбин с суммарной электрической мощностью 35...100 МВт.

Использование газовых турбин в когенерации является высокоэффективным направлением использования топлива, причем эффективность составляет более 90%, и удерживание действующих норм ЕС для эмиссии является естественным.

Для средних когенерационных установок мощностью 41 МВт...265 МВт в простом цикле *ALSTOM POWER* предлагает 18 разных моделей когенерационных газовых турбин в разных исполнениях. Для обозначения турбин фирма *ALSTOM POWER* использует обозначения GT, а также GTX.

На рисунке 2.53 изображена промышленная газовая турбина GTX 100 мощностью 43 МВт, которая обычно применяется на когенерационных парогазовых электростанциях.

DEUTZ ENERGY GMBH*

Старейший завод в мире по производству двигателей *DEUTZ AG* приобрел современное название в 1999 г. и в этом же году переместился на новое место в Манхейме [72].

В своих когенерационных установках фирма *DEUTZ ENERGY GMBH* использует турбодвигатели Отто с вертикальным двигателем мощностью 25...3 620 кВт. В производственной программе фирма *DEUTZ ENERGY GMBH* производит также дизельные газовые двигатели мощностью 38...7 250 кВт.

Газовые и дизельные двигатели (все 12- и 16-цилиндровые) разделены на группы (табл. 2.25).

Когенерационные установки *DEUTZ ENERGY GMBH* используются во всем мире, в большей степени в Северном море, при получении энергии на ветряных станциях. На рисунке 2.54 изображен наиболее используемый нефтяной двигатель фирмы *DEUTZ ENERGY GMBH*, серии 628.

* Адрес: DEUTZ ENERGY GMBH
CARL – BENZ . STR. 5
Mannheim
D – 68 167, Germany

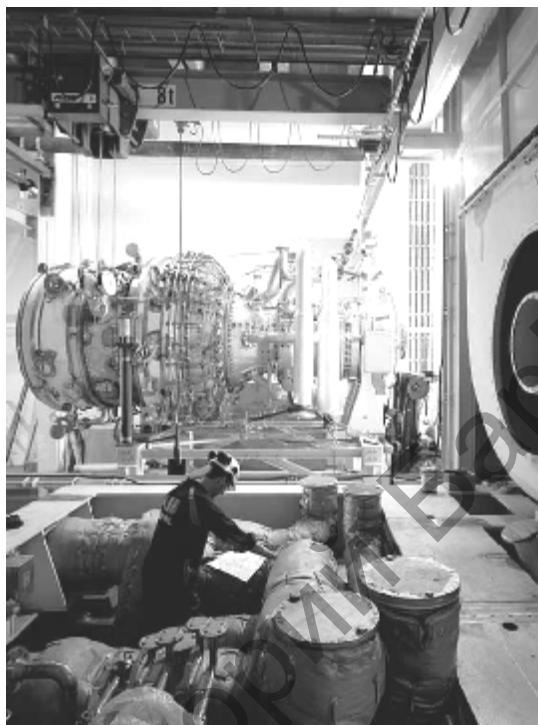


Рисунок 2.53 — Когенерационная парогазовая турбина GTX 100 [71]

Т а б л и ц а 2.25 — Классификация двигателей фирмы *DEUTZ ENERGY GMBH* [72]

Тип двигателя	Обозначение	Электрическая мощность, кВт	Тепловая мощность, кВт
Газовый	616	280...700	390...860
	620	790...1 875	1 150...1 940
	632	3 000...3 620	3 160...3 800
Дизельный	616	380...768	Не приведена
	620	880...768	То же
	628	1 350...3 600	»
	640	4 940...6 590	»
	648	2 550...3 825	»

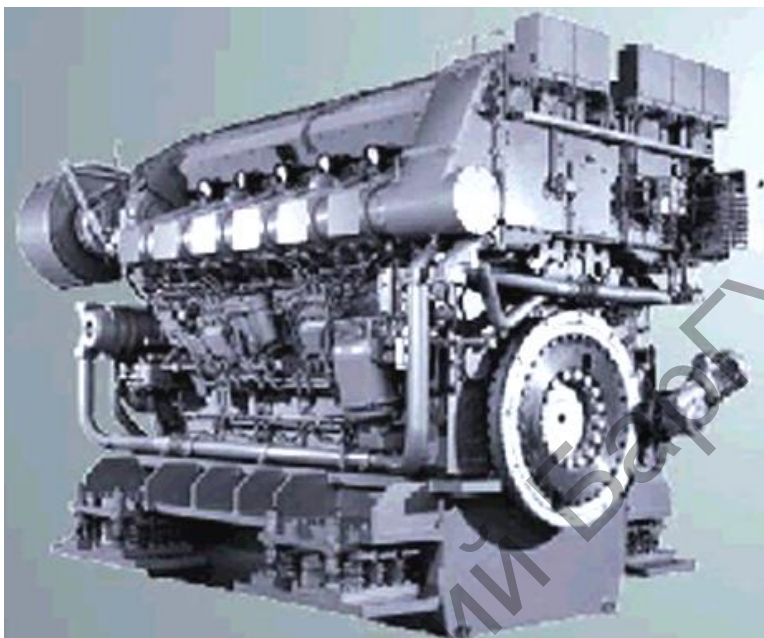


Рисунок 2.54 — Когенерационный двигатель *DEUTZ 628*

GUASCOR S. A.*

Фирма *GUASCOR S. A.* является одной из многих фирм, которые возникли в последнее время. Пытается поддержать идею использования природного газа и биогаза на Пиренейском полуострове [73]. Фирма предлагает исключительно турбодвигатели с высокой мощностью, низким потреблением и качественным приводом. Типы и мощности отдельных двигателей можно видеть в таблице 2.26.

Числовое обозначение «360» относится к 12-цилиндровому двигателю, а «480» — к 16-цилиндровому двигателю. В комплектную поставку входят теплообменники, стартер, фильтр и стальная рама. Типичная когенерационная 16-цилиндровая F 480 TA установка изображена на рисунке 2.55.

* Адрес: *GUASCOR S. A.*
BARRIO DE OIKIA 44
20759 Zumaia, Gipuzkoa, Spain

Т а б л и ц а 2.26 — Типы и мощности когенерационных установок фирмы *GUASCOR S. A.* [73]

Обозначение модели	Постоянная электрическая мощность, кВт
F 360 TA	588...735
SF 360 TA	543...953
F 480 TA	809...956
SF 480 TA	725...1 271

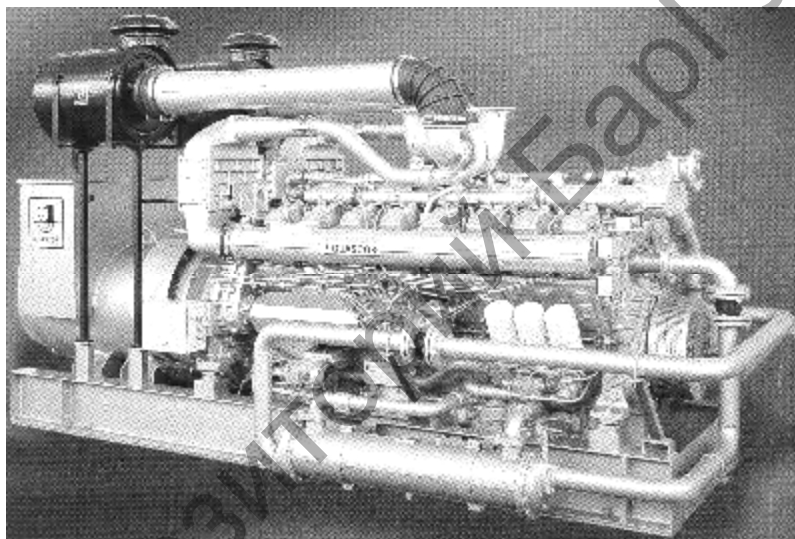


Рисунок 2.55 — Когенерационная установка *GUASCOR S. A.* типа F 480 TA [73]

HOCHREITER *

Фирма *HOCHREITER*, которая существует более 15 лет, является крупнейшим немецким и одним из крупнейших европейских производителей когенерационных установок, работающих на базе биогаза и природного газа. Биогаз чаще всего получают из ферментаторов,

* Адрес: JOHANN HOCHREITER
Steinau 1
D – 83 530 Schnaitsee, Germany

в которых газ возникает из экскрементов при сельскохозяйственном производстве. К настоящему времени фирма *HOCHREITER* произвела от 1 000 до 1 500 когенерационных установок мощностью 18,5 кВт...320 кВт [74], которые поставляет «под ключ».

Поставка содержит когенерационную установку на отдельной раме с системой теплообменников и генератором. Фирма *HOCHREITER* использует в качестве двигателя приводные агрегаты разных фирм, например, *John Deere* (тракторы), *Opel*, *Mann*, *Ford* и др.

На рисунке 2.56 изображена типичная когенерационная установка фирмы *HOCHREITER*, *BMKW* (18,5 кВт) с двигателем *FORD LRG 425*.

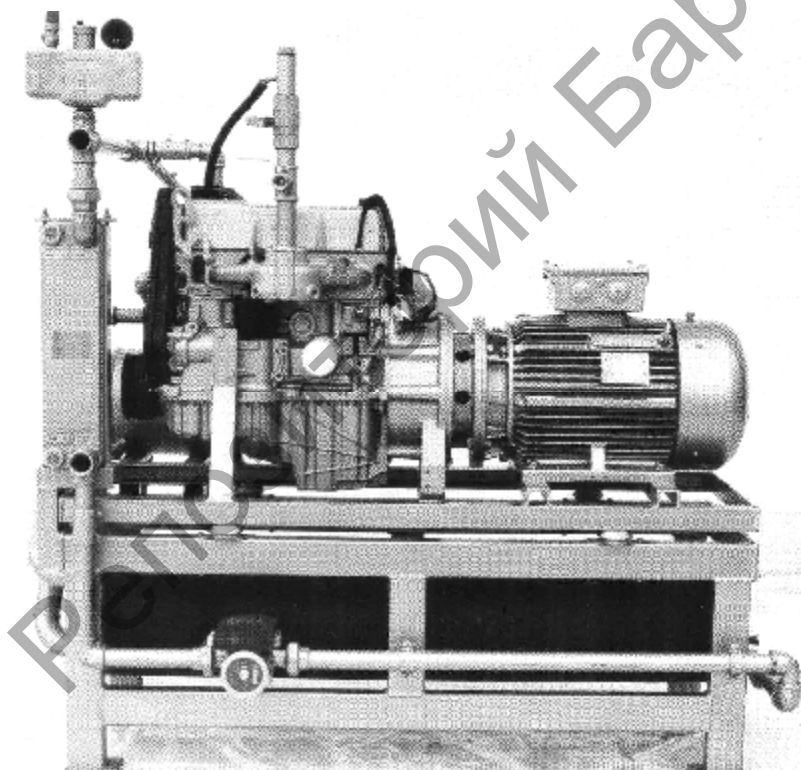


Рисунок 2.56 — Когенерационная установка *HOCHREITER BMKW* с двигателем *FORD LRG 425*

JENBACHER AG*

Фирма *JENBACHER AG* относится к крупнейшим мировым производителям газовых двигателей для электростанций. Первый газовый двигатель на древесном газе был изготовлен в 1957 г. Фирма предлагает двигатели для природного газа, бутана, пропан-бутана, метанола, биогаза, свалочного газа [74].

Многие из двигателей фирмы *JENBACHER AG* используются во всем мире, а некоторые применяются также как тригенерационные установки (с одновременным производством холода).

Фирма *JENBACHER AG* относится к ведущим производителям и техническим инноваторам когенерационных установок в мире, конкретно для установок мощностью 140 кВт...3,0 МВт. Объем газовых двигателей *JENBACHER AG* на всем мировом рынке составляет почти 37%, а экспорт фирмы достигает 95%.

В таблицах 2.27 и 2.28 приведены параметры двигателей, изготавливаемые фирмой *JENBACHER AG SERIE 1, 2, 3 и 6*. На рисунке 2.57 показан типичный двигатель фирмы *JENBACHER J 156*.

Т а б л и ц а 2.27 — Двигатели *JENBACHER AG* на природном газе ($\text{NO}_x < 500 \text{ мг / м}^3$) [75]

Обозначение	Электрическая мощность, кВт	Тепловая мощность, кВт	Суммарная эффективность, %
JMS 156 GS-N. L.	143	206	87,5
JMS 208 GS-N. L.	330	388	80,4
JMS 212 GS-N. L.	526	667	863,2
JMS 312 GS-N. L.	625	786	87,4
JMS 316 GS-N. L.	836	1 047	87,4
JMS 320 GS-N. L.	1 048	1 310	87,6
JMS 612 GS-N. L.	1 464	1 536	85,0
JMS 616 GS-N. L.	1 944	2 048	84,8
JMS 620 GS-N. L.	2 717	2 763	84,6

* Адрес: JENBACHER AG
Achenseestrasse 1 – 3
A – 6 200 Jenbach, Austria

Т а б л и ц а 2.28 — Двигатели *JENBACHER AG* на биогазе ($\text{NO}_x < 500 \text{ мг / м}^3$) [75]

Обозначение	Электрическая мощность, кВт	Тепловая мощность, кВт	Суммарная эффективность, %
JMS 156 GS-N. L.	143	213	85,6
JMS 208 GS-N. L.	330	409	79,2
JMS 212 GS-N. L.	511	679	85,1
JMS 312 GS-N. L.	625	757	85,6
JMS 316 GS-N. L.	836	1 010	85,7
JMS 320 GS-N. L.	1 048	1 263	85,8
JMS 612 GS-N. L.	1 277	1 588	85,1
JMS 616 GS-N. L.	1 698	2 048	84,9
JMS 620 GS-N. L.	2 115	2 548	84,6

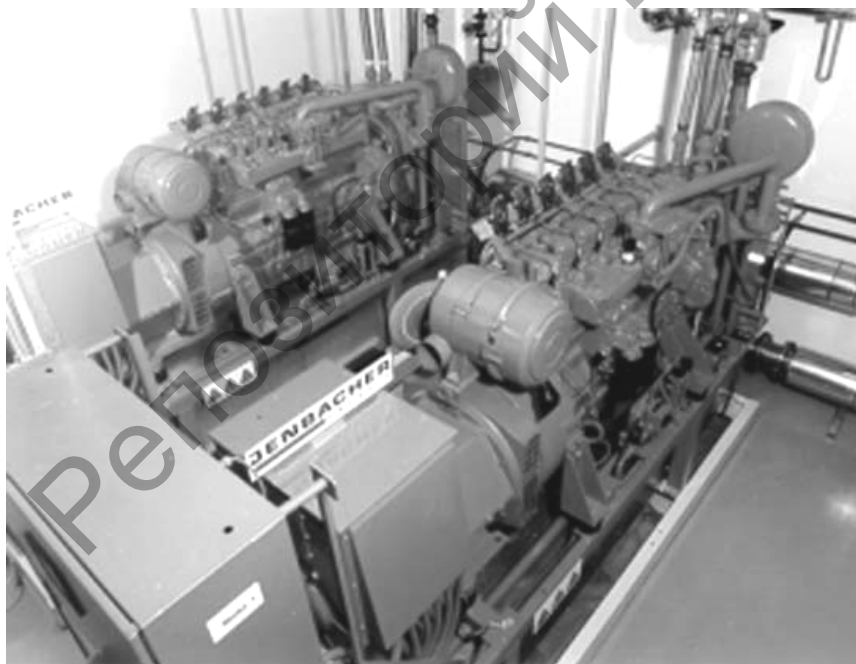


Рисунок 2.57 — Когенерационная установка *JENBACHER J 156* [75]

PRATT & WHITNEY CANADA CORP.*

Фирма *PWPS* производит газовые когенерационные турбины мощностью 300 кВт...5 МВт, которые имеют наивысшую эффективность в мире в этом классе турбин. Все предлагаемые фирмой турбины используют газ и жидкие топлива.

Турбины, изготавливаемые фирмой *PWPS*, разделены на четыре большие группы [76]:

1. *ST30* и *ST40*. Эти когенерационные турбины являются крупнейшими и производными от авиационных турбодвигателей *PW150* до электрической мощности 4 904 кВт.

На рисунке 2.58 изображена турбина *ST40*, производная от авиационного *PW150A* мощностью 490 кВт.

2. *ST18*. Эта когенерационная турбина является производной от успешного авиационного турбодвигателя *PW100* до электрической мощности 2 293 кВт. Газовая когенерационная турбина *ST18* изображена на рисунке 2.59.

3. *ST6*. В этой группе фирма *PWPS* предлагает четыре модели с электрической мощностью 300 кВт...1 327 кВт. Все эти модели произведены от хорошо знакомого авиационного турбодвигателя *PT6*.

4. *ST5*. Это новейшее предложение фирмы *PWPS*. Турбина произведена от обычных авиационных моторов и доведена до электрической мощности 563 кВт.

SIEMENS POWER GENERATION **

Комбинированный цикл фирмы *SIEMENS POWER GENERATION* запатентовала логотип *GUD®*. Фирма предлагает мощные когенерационные газовые турбины для крупных электростанций мощностью 100...1 500 МВт. В предложении имеется много турбин и моделей, которые фирма разрабатывает для конкретной электростанции [77].

* Адрес: PRATT & WHITNEY CANADA CORP.
Small Engine Division
1 000 Marie — Vocturin Longueil
Quebec J4G 1A1. Canada.

** Адрес: SIEMENS POWER GENERATION
SIEMENS HOUSE
Oldbury
Bracknell RG 12 8FZ, United Kingdom.

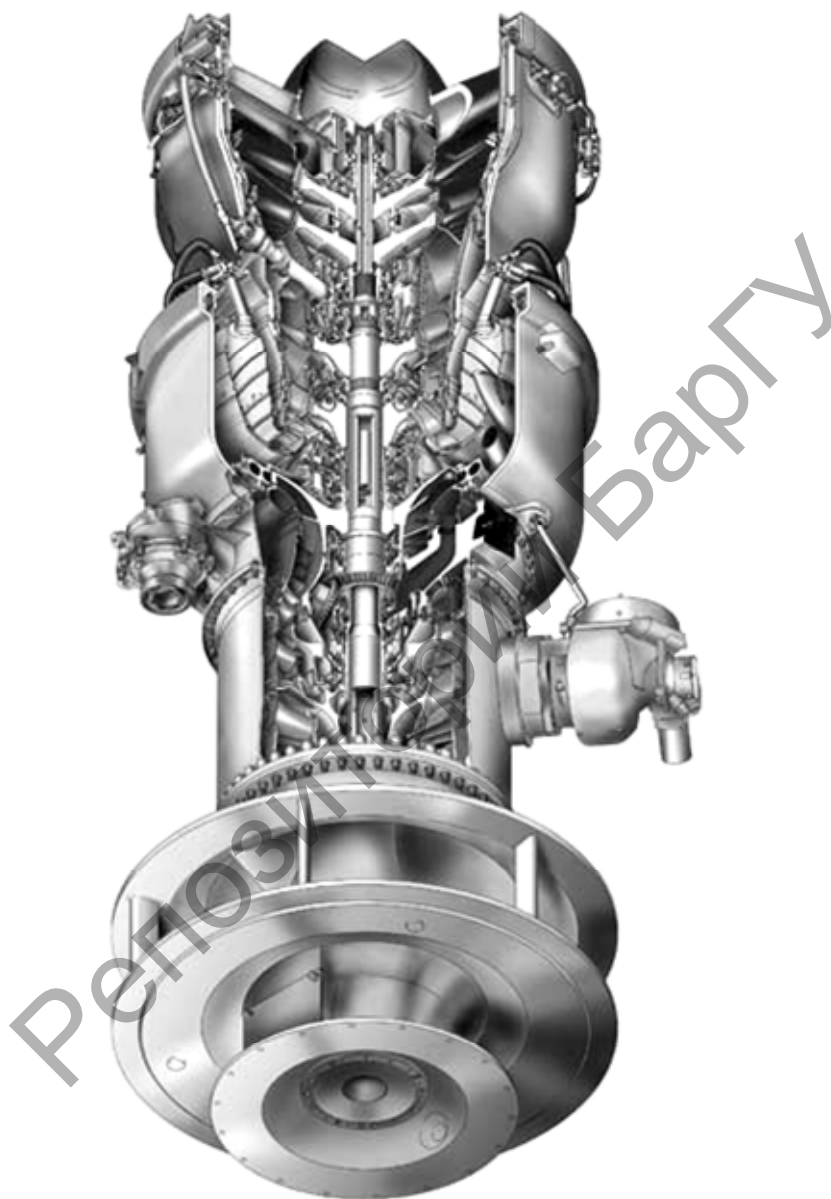


Рисунок 2.58 — Газовая турбина ST40 [76]

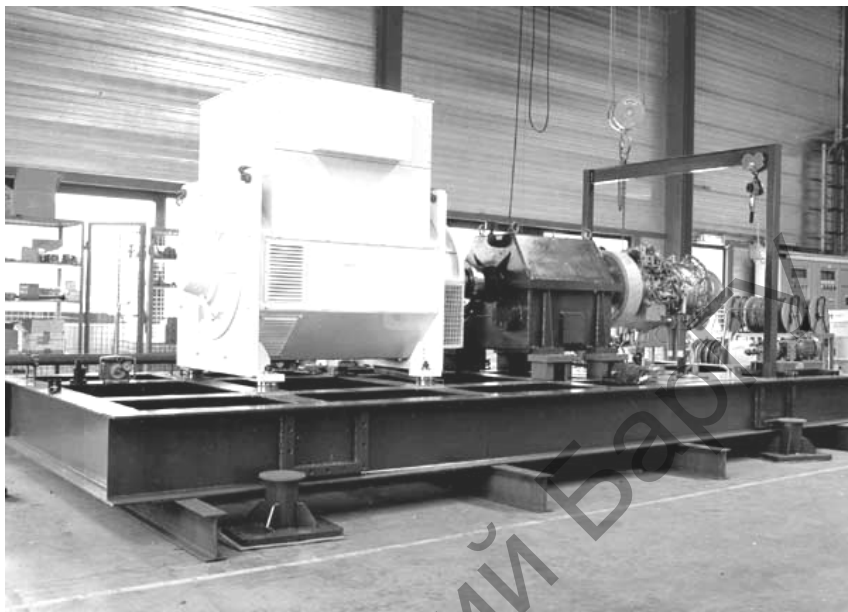


Рисунок 2.59 — Когенерационная турбина *ST18* мощностью 2 МВт [76]

Сердцем электростанций являются турбомашины *EconoPac*, которые используются во всем мире и которые являются наиболее качественными турбинами.

Кроме крупных парогазовых комплексов, работающих, например, в Братиславе, фирма *SIEMENS POWER GENERATION* предлагает также газовые турбины мощностью 4 МВт...150 МВт для средних производителей электричества и тепла.

Все предлагаемые турбины имеют управляемые системы *Teleperm XP DCS*.

На рисунке 2.60 изображена наилучшая турбина *Siemens V 94. 3A*, отличающаяся большим количеством горелок. Относится к наиболее используемой в своем классе.

TILSLEY AND LOVATT LTD

Фирма *TILSLEY AND LOVATT LTD* была основана с большим размахом более 50 лет тому назад и стала известна в последние 10 лет предложением когенерационных установок с большим

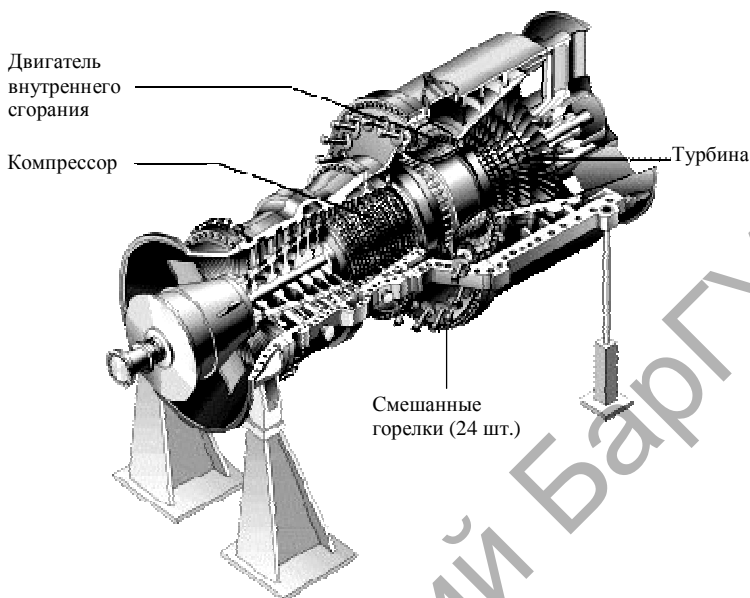


Рисунок 2.60 — Газовая турбина *Siemens V94.3A* [77]

диапазоном электрических мощностей: от 30 кВт до 10 МВт. Привод используемых двигателей, в большинстве произведенных американской фирмой *Waukesha*, работает на природном газе, биогазе, нефти, свалочном газе [78].

Спецификой фирмы *TILSLEY AND LOVATT* является бесплатный сервис в течение целого года. Предлагаемые когенерационные установки чаще всего используются в комбинированном производстве тепла и электричества во всем мире. Все когенерационные установки имеют дистанционное управление и контроль.

На рисунке 2.61 изображены пять газовых двигателей электрической мощностью 1,5 МВт, работающих на биогазе. Фирма *TILSLEY AND LOVATT LTD* использует в этом случае американские двигатели *Waukesha*.

На рисунке 2.62 изображена когенерационная установка электрической мощностью 6,7 МВт, работающая на природном газе. Данную установку использует фирма *Interbrew Breweries, UK*.

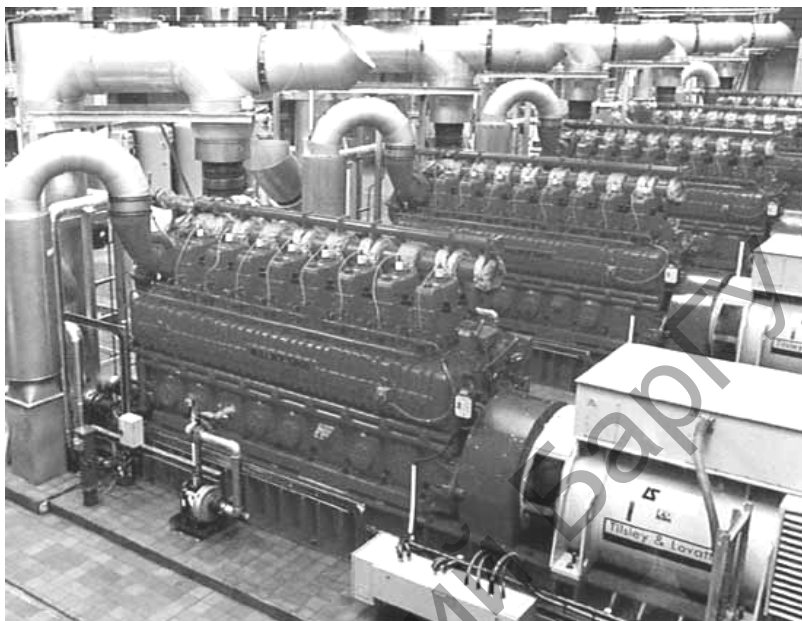


Рисунок 2.61 — Когенерационные установки *TILSLEY AND LOVATT* мощностью 1,5 МВт [78]

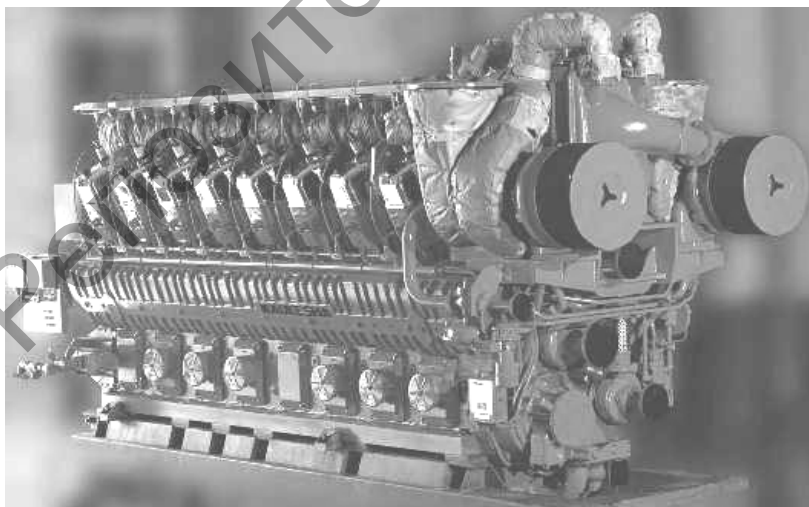


Рисунок 2.62 — Когенерационная установка электрической мощностью 6,7 МВт [78]

VISSMANN*

Фирма *Viessmann* предлагает компактные модули *VITOBLOC* с унифицированной рамой для монтажа двигателя и генератора, унифицированным шкафом и контрольной системой (распределителем и регулированием), и таким образом разрабатывает по размеру установки любого типа и размера. К ним прилагается соответствующая системная техника: дигитальные контрольные системы, которые автоматически приспособливают мощность к актуальной энергетической потребности.

Предлагаемые когенерационные установки имеют мощность [79]: электрическую (33...170 кВт) и тепловую (58...193 кВт).

Преимущества предлагаемых когенерационных установок:

- двигатели, работающие на природном газе с трехкомпонентным катализатором, выполняют критерии по эмиссии (эмиссия на 50% ниже, чем допускают нормы ЕС);
- редуктор для параллельной и самостоятельной эксплуатации обеспечивает беспроблемное и мягкое присоединение к распределительной сети;
- экстремально тихий ход (благодаря многократному демпфированию вибраций и упругой установке двигателя и генератора);
- большие интервалы в профилактическом осмотре (благодаря низкой потребности в масле и его большому запасе);
- одинаковые внешние размеры всех когенерационных установок (облегчают проектирование и размещение когенерационных установок в существующих пространствах, длина × ширина × высота = 2 500 × 900 × 2 000 мм);
- возможность поставки когенерационных установок в мобильной реализации для оперативного включения во многих местах.

На рисунке 2.63 представлена когенерационная установка фирмы *Viessmann* с электрической мощностью 110 кВт и тепловой мощностью 193 кВт.

В таблице 2.29 приведена комплексная производственная программа фирмы *VISSMANN-VITOBLOC*.

* Адрес: VISSMANN WERKE GMBH&CO
Viessmannstrasse 1
35 107 Allendorf, Germany

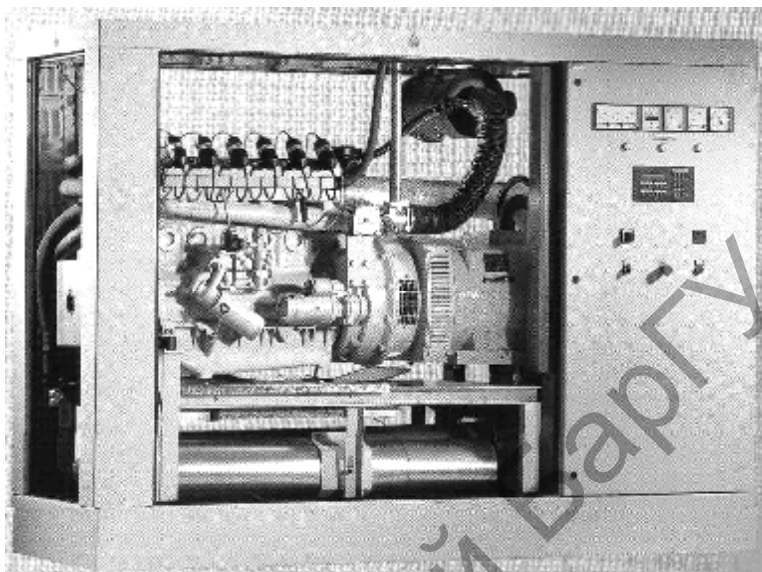


Рисунок 2.63 — Когенерационная установка фирмы *Viessmann* [79]

Т а б л и ц а 2.29 — Производственная программа фирмы *Viessmann-Vitobloc* [79]

<i>Vitobloc</i> , соответствующий котлам с тепловой мощностью, кВт	Тип	Топливо	Электрическая мощность, кВт	Тепловая мощность, кВт
Более 300	GG 43	Природный газ	43	72
Более 450	GG 65	Природный газ	65	109
Более 800	GG 110	Природный газ	110	193
Более 250	FG 34	Биогаз	34	58
Более 350	FG 52	Биогаз	52	82
Более 600	FG 72	Биогаз	72	145
Более 400	DG 78	Горючее масло	78	95
550	DG 117	Горючее масло	117	130
750	DG 170	Горючее масло	170	175

WAUKESHA ENGINE *

Фирма *Waukesha Engine Division* является мировым лидером среди производителей газовых двигателей, электростанций, компрессоров, насосов и т. п. Была основана в 1906 г.

Сегодня фирма *Waukesha Engine Division* предлагает комплектный производный ряд двигателей на природный газ и биогаз разной мощности и наивысшего технического уровня [80].

Двигатели *Waukesha* содержат современнейший контрольный модуль *Custom Engine Controls*, который обеспечивает безаварийную работу двигателя и объединяет следующие модули:

- *Ignition Module (IM)*;
- *Detonation Sensing Module (DSM)*;
- *Air/Fuel Module (AFM)*;
- *Turbocharger Control Module (TCM)*.

Фирма *Waukesha Engine Division* предлагает четыре большие группы двигателей. Речь идет о группах двигателей типа:

1. *ATGL*, к которым относятся крупнейшие двигатели фирмы *Waukesha*; они используются в судовом транспорте, отличаются высокой эффективностью, качеством и низкой стоимостью.

2. *VHP*, группа, которая возникла в 1966 г. и быстро распространилась во всем мире, главным образом в области тяжелого машиностроения, в области добычи нефти, они стали мировым стандартом в производстве электричества и тепла и во многих других областях.

3. *VGF*, группа, которая охватывает высокоскоростные газовые двигатели во всем ряде мощностей: от малых когенерационных установок до крупнейших двигателей, используемых для производства электричества.

4. *VSC*, группа, объединяющая самые современные двигатели фирмы *Waukesha*, работающие по принципу использования природного газа и биогаза.

На рисунках 2.64—2.66 изображены двигатели фирмы *WAUKESHA ENGINE* каждой перечисленной группы.

* Адрес: WAUKESHA ENGINE
Dresser Equipment Group, Inc.
1 000 West St. Paul Avenue
Waukesha, WI 53 188 – 4999, USA

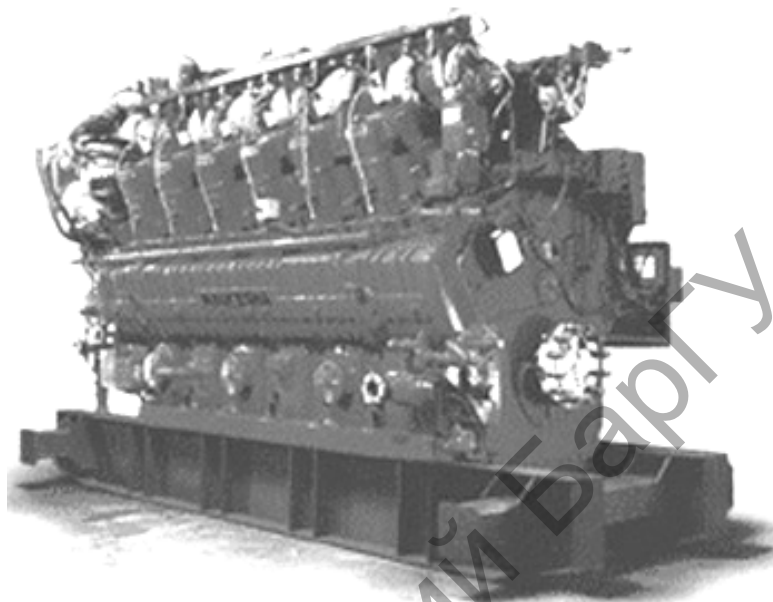


Рисунок 2.64 — Наиболее крупный двигатель фирмы *Waukesha ATGL* [80]

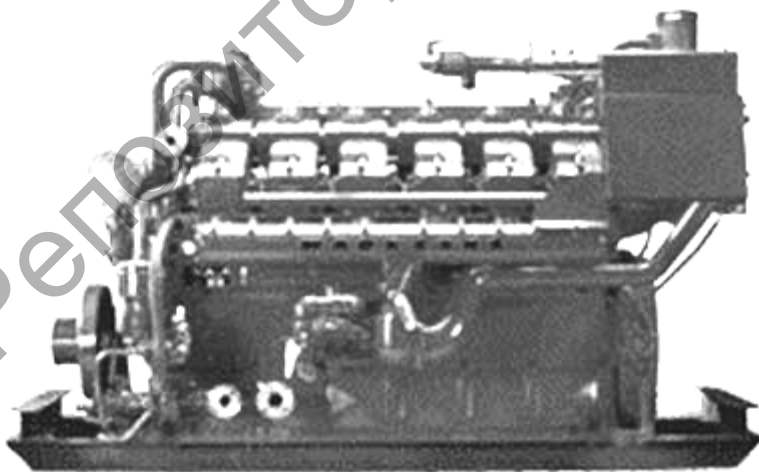


Рисунок 2.65 — Наиболее популярный двигатель
фирмы *Waukesha VHP* [80]

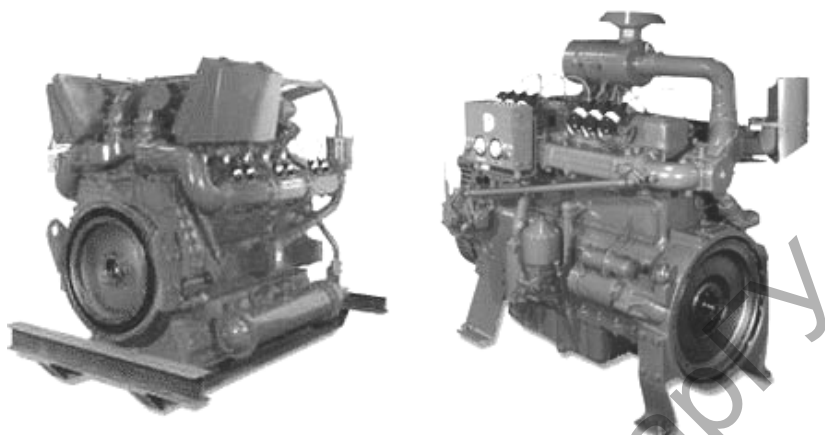


Рисунок 2.66 — Наименьшие двигатели фирмы *Waukesha VGF* и *VSC* [80]

TEDOM a.s.

Когенерационными устройствами, предлагаемые фирмой *TEDOM a.s.* [81], (представительство в Словакии), являются электрические энергетические агрегаты с двигателем на природный газ, а также биогаз с системой обменников для одновременной выработки электрической энергии и тепла электрической мощностью примерно 21...3 884 кВт и тепловой почти 42...4 312 кВт [81].

Когенерационное устройство может работать на разных режимах эксплуатации, которые можно взаимно комбинировать (параллельная работа с сетью, обособленная эксплуатация, страховой источник электрической энергии).

Параметры когенерационных установок (табл. 2.30) установлены для природного газа с теплотворностью $Q_n = 33,84 \text{ МДж} / \text{м}^3$, по желанию можно использовать и другой вид топлива, например, биогаз (минимальное содержание метана должно быть 65%). Когенерационные установки на биогаз обозначаются ВЮ, без этого обозначения речь идет о когенерационных установках на природный газ. В таблице 2.30 не приведены все производимые когенерационные установки, а только их диапазон в обозначении *Cento*, например, ряд установок *Quanto*, где имеется целый производственный ряд. Обозначение *twin* означает, что при таком обозначении когенерационные установки можно соединять вместе.

Т а б л и ц а 2.30 — Когенерационные установки фирмы *TEDOM a.s.* [81]

Тип когенерационной установки	Мощность, кВт		Потребление топлива, м ³ /ч	Эффективность, %		
	электрическая	тепловая		электрическая	тепловая	суммарная
<i>Природный газ</i>						
Premi S22 AP	22,0	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Premi S22 AP twin	22,0	45,5	8,2	28,4	58,8	87,2
Cento M44 SP —	45,0	65,0	13,6	34,1	50,4	84,5
Cento T15 SP	150,0	226,0	45,5	34,8	52,6	87,5
Quanto C190 SP —	200,0	303,0	61,0	34,0	52,6	87,0
Quanto C3800 SP	3 884,0	4312,0	1000,9	41,0	45,6	86,6
<i>Биогаз</i>						
Premi S22 Bio	21,0	42,0	11,8	27,3	54,5	81,8
PremiS22 Bio twin	21,0	42,0	11,8	27,3	54,5	81,8
Cento M33 SP bio —	32,0	49,0	16,9	29,0	44,5	73,5
Cento T150 SP bio	142,0	207,0	65,2	33,5	48,5	62,3
Quanto M320 SP bio —	305,0	440,0	136,0	34,5	49,7	84,2
Quanto C1100 SP bio	1 100,0	1 450,0	487,0	36,7	48,3	85,0

2.3.7 Обзор словацких когенерационных установок

QEL, Бардейов

Фирма *QEL* [82] является производителем когенерационных установок малой и средней мощности с подводимым топливом — биогазом и природным газом. Речь идет об устройстве, состоящем из газового двигателя, генератора электрического тока, теплового устройства, глушителя выхлопов, силовой разводящей и управляющей систем.

Основная установка поставляется без противошумной крышки. Стандартным является устройство, определенное для параллельной эксплуатации с сетью 400 В, 50 Гц и с теплопроводными контурами 90 или 70°C.

При использовании биогаза в качестве топлива имеется средний перерасчет количества газа по следующей зависимости:

$$1 \text{ м}^3 \text{ биогаза} = 2,05 \text{ кВт} \cdot \text{ч ЭМ} + 4,02 \text{ кВт} \cdot \text{ч ТМ},$$

где ЭМ — электрическая мощность;

ТМ — тепловая мощность.

В таблице 2.31 представлены электрическая и тепловая мощность установок.

В настоящее время готовится к производству установка мощностью 330 кВт ЭМ.

Параметры установки:

- частота вращения двигателя 1 500 мин⁻¹;
- температура выходящей воды 89°С;
- температура обратной воды 30...70°С;
- давление топлива 2...10 кПа.

Технические данные:

- выходное напряжение 400 В, 50 Гц, cos φ 0,87;
- шум (1 м от установки) 70 дБ;
- управление *QEL BKG Sc2, LS, IP 54*.

Описание устройства. Устройство, кроме систем управления, содержит три основных элемента, которые могут быть даны в разном исполнении и под разными углами. Речь идет:

- о монтаже двигателя с генератором на раме;
- теплообменнике выхлопных газов с выключателем выхлопных газов;
- теплообменнике главного теплового контура.

Устройство установлено на достаточно прочной бетонной площадке. Под каждой опорой когенерационной установки имеется резиновая подкладка толщиной 3 см.

Т а б л и ц а 2.31 — Мощность установок [82]

Наименование установки	Напряжение, В	Мощность ЭМ, кВт	Тепловая мощность, кВт
ВКГ	20	22	47
ВКГ	40	47	92
ВКГ	80	82	158
ВКГ	100	104	207
ВКГ	160	160	328

На рисунках изображены когенерационная установка *BKG*, произведенная фирмой *QEL s.r.o.* Бардейов, а также биостанция, построенная фирмой *Zorg Biogas AG* (рис. 2.67; 2.68) [82].

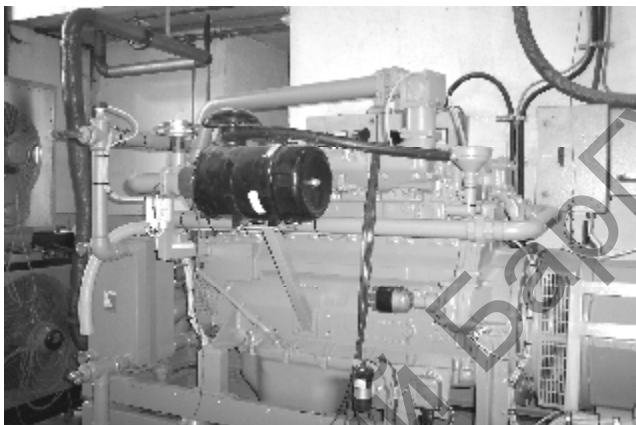


Рисунок 2.67 — Вид на когенерационную установку *QEL BKG* [82]



Рисунок 2.68 — Биостанция, построенная фирмой *Zorg Biogas AG* [83]

Биогазовые установки производят биогаз или электроэнергию из отходов сельского хозяйства, пищевой промышленности и специально выращенных энергетических культур. Это своего рода очистные сооружения, дающие, а не потребляющие энергию.

Биогаз образуется в процессе управляемого анаэробного разложения органики бактериями. Биогаз близок по своим характеристикам к природному газу.

Zorg Biogas AG является инжиниринговой биотехнологической компанией со специализацией на строительстве биогазовых установок с центральным офисом в г. Цюрих (Швейцария) [83]. Конструкторское и инженерное бюро *Zorg Biogas AG* выполняет полный комплекс работ по проектированию, строительству, наладке и эксплуатации биогазовых станций по всему миру. *Zorg Biogas AG* является членом Немецкой Биогазовой Ассоциации.

Zorg — английская транскрипция немецкого слова «sorge» (читается как «зорге») — «забота». Забота о природе, ресурсах, здоровье.

Начиная с 1970-х годов, еще до начала работы в биогазовой отрасли, сотрудники *Zorg Biogas AG* проектировали и строили гигантские сооружения (гидроэлектростанции мощностью до 6 400 МВт, плотины, каналы, городские станции очистки сточных вод и водоснабжения). В составе команды *Zorg Biogas AG* имеются специалисты с опытом работы на биогазовых станциях уже более 30 лет (рис. 2.69).



Рисунок 2.69 — Строительство биостанции фирмой *Zorg Biogas AG* [83]

На сегодняшний день *Zorg Biogas AG* имеет самое большое в СНГ русскоязычное подразделение. Численность персонала дочерней компании ООО «Зорг Биогаз Украина» в Киеве составляет более 40 человек. Компания имеет украинскую и казахскую государственные лицензии на проектирование и технический надзор. Технология защищена патентами на устройство и способ производства биогаза. К услугам клиента предоставлена лаборатория по анализу сырья для биогаза. Действует сервисная служба. Кроме строительства биогазовых станций *Zorg Biogas AG* владеет пакетом акций *BKN Biostrom AG*, специализирующейся на развитии и эксплуатации биогазовых станций [83].

2.3.8 Топлива для когенерационных установок

Главным топливом для когенерационных установок является природный газ. Его свойства должны соответствовать спецификации дистрибуционной фирмы *SPP, a.s.* Природный газ, используемый в других странах, или иные виды топлива влияют на технические параметры когенерационных установок и часто требуют даже изменения конструкции устройства.

Возможна комбинация двух типов газа (например, природный газ и биогаз). Кроме природного газа когенерационные установки могут сжигать и другие виды топлива: пропан-бутан, биогаз.

2.3.8.1 Пропан-бутан

Пропан и пропан-бутан являются перспективным топливом для когенерационных установок в местах, где природный газ не доступен. Доставляется в сжиженном виде по объему в 260 раз меньше, чем в газообразном состоянии. Это позволяет хранить его в широком ассортименте емкостей. Разница в использовании пропана или пропан-бутана заключается в разной температуре, при которой они способны испаряться и превращаться из жидкого в газообразное состояние. У пропана предельная температура 42°C, у пропан-бутана — 13°C.

Поэтому к емкостям, размещенным снаружи, подается в основном пропан, тем самым упрощается его охлаждение. Сжиженные

углеводородные газы поставляются в стальных емкостях высокого давления, которые расположены снаружи. Подается пропан в основном для использования в когенерационных установках. Эти емкости поставляются в широком ассортименте величиной от 1,2 т (2 700 л) до 11 т (25 000 л). Емкости могут быть, в зависимости от пожелания, надземными, подземными, а также полуподземными.

Пропан и бутан имеют разную теплотворность (табл. 2.32) [84], отличающуюся от теплотворности природного газа. Поэтому при их использовании изменяется потребление газа в когенерационных установках в сравнении с данными, приведенными в технических спецификациях для природного газа.

Пропан при поставках измеряется в литрах. Для перевода между измеряемыми единицами используется следующее соотношение:

$$1 \text{ л} = 0,508 \text{ кг} = 0,275 \text{ м}^3.$$

2.3.8.2 Источники биогаза

Биогаз возникает главным образом на животноводческих фермах, а также в коммунальных очистных сооружениях, на свалках органических бытовых отходов, отходов со скотобоен, сахарных заводов и др. Назовем основные источники.

Сельскохозяйственный сектор (биогаз)

В производстве биогаза в сельскохозяйственном секторе в качестве главного сырья используется навоз с ферм. Наилучшим сырьем для производства биогаза являются жидкие и полужидкие экскременты (но не полностью рециклованный твердый навоз). Биогаз на сельскохозяйственных предприятиях необходим в исходном состоянии,

Т а б л и ц а 2.32 — Теплотворность пропана и бутана [84]

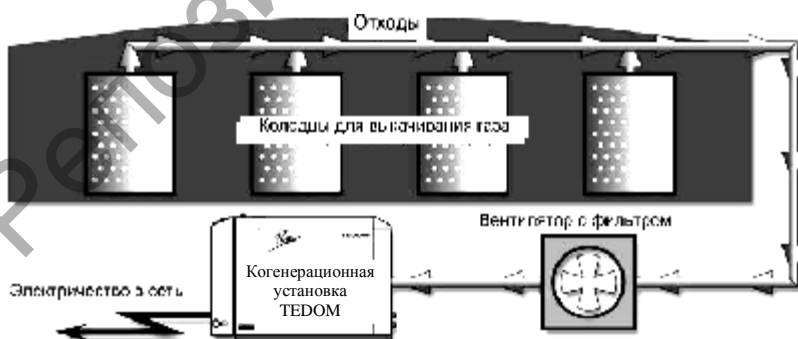
Состояние газа	Теплотворность	
	Пропан	Бутан
Сжиженное, МДж / кг	46,34	47,70
Газообразное состояние, МДж / м ³	93,57	123,55

главным образом, непосредственно на месте, из этого почти 50% идет на обогрев ферментационных емкостей. Излишки служат для высушивания сельскохозяйственных продуктов, идут на производство электрической энергии и на подогрев теплой бытовой воды.

Биогаз из отходов (газ со свалок)

Свалки твердых коммунальных отходов являются еще одним источником энергии. Отходы на свалках уплотняются в кучи и при отсутствии кислорода начинают ферментировать. С точки зрения генерирования биогаза удастся использовать лишь ту часть отходов, уложенных в свалках, которая содержит органические вещества. Ход отдельных фаз процесса, ведущих к стабильному метаногенезу, является по времени довольно капризным, а при недостатке влажности ход развития замедляется либо полностью останавливается. Во время ферментации в результате микробиологических процессов производится газ со свалки. Кроме метана, он содержит оксид углерода, водный пар, хлор, фтор и серу. Из одной тонны отходов возникает почти 180 м^3 газа. Таким образом, полученный газ со свалки можно использовать в комбинированном производстве электричества и тепла.

Газ со свалки собирается в газовых колодцах и постепенно поступает в когенерационные установки, как это можно видеть на рисунке 2.70. При его использовании вырабатывается электричество и тепло.



1 — Когенерационная установка TEDOM; 2 — колодцы для выкачивания газа;
3 — вентилятор с фильтром

Рисунок 2.70 — Цикл образования газа на свалке отходов [5]

Использование газа со свалок имеет несколько важных преимуществ. Прежде всего, энергетически используется ближайший продукт свалок, и тем самым уничтожаются отходы. Кроме того, сжиганием газа со свалок исключается негативное влияние на окружающее пространство, которое возможно при свободном выпуске образующегося газа в воздушное пространство [5].

Биогаз из очистных сооружений (иловый газ)

Другим важнейшим источником биогаза в Словакии является сектор очистных сооружений канализационных вод. Биогаз можно потенциально вырабатывать и использовать на многих устройствах для очистки канализационных вод, и многие из них эксплуатируют системы для последующего получения энергии.

Иловый газ является перспективным топливом для когенерационных установок прежде всего потому, что находится в ряду возобновляемых источников энергии. При оценке возможности установки когенерационной установки на ОССВ необходимо ознакомиться с некоторой информацией, оказывающей решающее влияние на реализацию рассматриваемого направления.

Прежде всего речь идет:

1) о свойствах биогаза, которые являются основной информацией о свойствах топлива, прежде всего, о его использовании с точки зрения вредных примесей, а также информации об энергетических свойствах, т. е. о теплотворности. Важнейшей информацией, прежде всего, является:

- содержание метана (а лучше всего полный состав газа);
- постоянство качества газа;
- содержание вредных примесей;

2) производстве биогаза, возможности складирования в газохранилищах, что является информацией о возможностях и количестве газа;

3) доступности подвода природного газа. Важно учесть, какой из следующих способов эксплуатации применяется:

- эксплуатация когенерационных установок лишь на биогазе;
- комбинированная эксплуатация природного газа и биогаза (переключение топлив);
- смешивание биогаза с природным газом;

- 4) требования к функции когенерационной установки:
- параллельная эксплуатация с сетью (P);
 - параллельная с возможностью отдельной эксплуатации (P, I);
 - параллельная эксплуатация с функцией резервного источника (P, E).

Биогаз из древесных отходов (древесный газ)

Использование биомассы становится важнейшим трендом в области обеспечения энергетических источников, что является преимуществом по сравнению с широко используемыми в настоящее время энергетическими источниками и ведет к значительному снижению негативных влияний на окружающее пространство.

Древесные отходы образуют важную часть биомассы. Кроме классического сжигания, их можно использовать также и для привода когенерационных установок на базе газовых двигателей. Условием его использования является газообразование. Это происходит в газогенераторе. Конечным продуктом всего процесса является древесный газ, который может приводить газовый двигатель. Весь дальнейший процесс производства электричества и тепла такой же, как и для других топлив.

Решающим условием использования древесного газа в процессе когенерации является его качество и чистота. Прежде всего, деготь является препятствием для беспроблемного сжигания в двигателе. Поэтому необходимой частью всего процесса газообразования древесных отходов должна быть очистка древесного газа. Это пока главное препятствие для более широкого внедрения древесного газа при комбинированной выработке электричества и тепла.

Хотя весь процесс теоретически подготовлен и имеются работающие и некоторые прототипы устройств для газообразования, в Словакии пока еще нет в постоянной эксплуатации ни одной установки для комбинированного производства электричества и тепла.

2.3.8.3 Использование биогаза в Словакии

Производство и использование биогаза в Республике Словакии имеет очень краткую историю, начинающуюся в начале 1990-х гг. прошлого столетия. Проявляется это в очень малом числе эксплуатируемых

в настоящее время устройств. Существует несколько причин, из которых можно выделить следующие:

- 1) длительная монополия энергетических концернов, таких, как *SE, a.s., SPP, a.s.*, и др.;
- 2) долгосрочные проблемы с получением кредитов из банковских институтов;
- 3) низкая информированность малых и средних предпринимателей, работающих в области возможных источников биогаза;
- 4) неудачная фискальная политика Словакии;
- 5) неясности в концепции сельского хозяйства РС и др.

В Словакии в настоящее время в эксплуатации находятся лишь спорадические устройства для выработки биогаза (и те достаточно нетрадиционно спроектированы), в Батке (округ Римавска Собота), в Колинанах (округ Нитра), многие еще находятся в стадии проектирования (ГСМ Прешов, Агрокомбинат Тренчин, ОССВ Гуменне, свалка отходов Мислава—Кошице и др.), причем принимают во внимание использование биогаза из животного навоза, или из очистных сооружений или свалок коммунальных отходов.

Здесь необходимо подчеркнуть, что сравнительно богатые потенциальные источники биогаза, такие, как ОССВ и свалки отходов, в настоящее время минимально используются для генерирования биогаза. Объективную действительность документируют следующие практические примеры использования биогаза [61; 64]:

а) сектор сельского хозяйства:

- 1) Батка (округ Римавска Собота).

Тип устройства: когенерационный блок на базе биогаза, генерированного из анаэробного реактора, находящегося на местной ферме Фига. Устройство эксплуатирует *AGROS, s.r.o. Bátka*.

Мощность фермы: 13 200 свиней (на самой ферме Фига); 220 000 кур (на соседней ферме).

Производство животного навоза: 166 т / день.

Производство биогаза: 5 500 м³ / день.

Мощность инсталлированной когенерационной установки: 1 200 кВт электричества (далее — кВте), 640 кВт тепла (далее — кВтт).

Поставщик технологии: Бауэр (Австрия), М-ТРАДЕ Горовице (Республика Чехия).

Произведенное электричество: 9,501 кВт · ч / день (3 468 МВт · ч / г.).

Произведенное тепло: 24,9 ГДж / день (зимой); 41,2 (летом); 32,8 ГДж / день (среднегодовое).

Использование произведенной энергии: для внутренних потребностей фермы.

Начало эксплуатации: май 1995 г.

Инвестиционные расходы: 3,2 млн евро (50% покрыто из собственных ресурсов).

Окупаемость: 6,6 лет.

Объявленные преимущества: инсталляция анаэробного реактора решила проблему сбора множества животного навоза на ферме. Кроме того, в качестве дополнительного продукта возникает высококачественное органическое удобрение.

Объявленные недостатки: из биогаза, генерированного в анаэробном реакторе, генерируется H_2S (сероводород). В настоящее время подготавливается десульфидационное устройство;

2) Колиняны (округ Нитра).

Тип установки: когенерационный блок на базе биогаза, генерированного из анаэробного горизонтального ферментатора, находящегося в учебном центре *SPU* Нитра в Клинянах. Устройство эксплуатирует *SPU* Нитра, механический факультет. Все данные находятся в стадии исследований, несмотря на то, что устройство вошло в эксплуатацию в конце 2000 г. Подробности можно получить из литературы [63];

б) сектор очистных сооружений коммунальных вод:

1) Нижня (округ Тврдошин).

Тип устройства: очистное сооружение канализационных вод снабжено когенерационной установкой на базе генерированного илового газа. Устройство эксплуатирует государственное водохозяйство в Жилине (*SVS a.s.* Жилина).

Производство илового биогаза: 400...700 м³ / день.

Поставщик технологии: ЧКД Горовице (Республика Чехия).

Выработанная электроэнергия: 183 кВт · ч / 5,331 моторчасов.

Выработанное тепло: 1,05 ГДж / 5,331 моторчасов.

Использование выработанной энергии: внутренние потребности ОССВ, внутренняя потребность электрической энергии и тепла в ОССВ покрывается почти на 28%.

Начало эксплуатации: 1992 г.

Окупаемость: 2 г.

Объявленные преимущества: последующее получение энергии при использовании илового газа покрывает часть энергетической потребности ОССВ и снижает эксплуатационные расходы. Кроме того, в летнее время, когда потребление энергии в ОССВ ниже, газ используется на подогрев реактора ОССВ для ускорения процесса.

Объявленные недостатки: во время испытаний появилось несколько технических проблем ОССВ, которые были решены;

2) Дольный Кубин и Дольный Гричов.

Тип устройства: очистные сооружения канализационных вод снабжены когенерационными установками на базе генерированного илового газа. Устройство эксплуатирует государственный водоканал в Жилине (*Se Vak Žilina*).

Производство илового газа: мощность инсталлированной когенерационной установки 48 кВте и 77 кВтт, соответственно 250 кВте и 430 кВтт.

Поставщик технологии: ZTS Martin CP для ОССВ Дольный Кубин и M-TRADE Горовице (Республика Чехия) для ОССВ Дольный Гричов.

Выработанная энергия: Дольный Кубин 1 152 кВт · ч / день, Дольный Гричов 6 000 кВт · ч / день.

Выработанное тепло: Дольный Кубин 6,65 ГДж / день, Дольный Гричов 37,15 ГДж / день.

Использование выработанной энергии: внутренние потребности ОССВ, потребность в электрической энергии покрывается почти на 30%, в тепле — около 40%.

Начало эксплуатации: 1994 г.

Окупаемость: 2,8...3 г.;

3) иные объекты:

– на Восточнословацкой водоснабженческой компании в Кошицах (например, ОССВ в Кокшов Бакши, в Михаловцах, Спишской Новой Веси, Прешове, Брезове, Гуменном и др.);

- на Среднесловацкой водоснабженческой компании в Банской Быстрице (например, ОССВ в Жилине, Дольном Кубине, Чадци, Лученци, Бытчи, Зволене, Левисах и др.);
 - на Западнесловацкой водоснабженческой компании в Братиславе (например, ОССВ в Братиславе, Петржалке, Вракуни, Комарне, Сеници Середи, Гандловой и др.);
- в) сектор свалок промышленных и коммунальных отходов:

1) Мыслава (округ Кошице).

Тип устройства: свалка твердых коммунальных отходов оснащена когенерационной установкой на базе генерированного газа со свалок. Устройство эксплуатируется предприятием по сжиганию отходов Коксов-Бакша (Кошицкий округ).

Производство биогаза со свалки: 4 300...5 000 м³ / день.

Мощность инсталлированной когенерационной установки: 15 кВте и 25 кВтт.

Поставщик технологии: Биогаз, с.г.о. Бардейов.

Выработанная энергия: 3 000...5 500 кВт · ч / день.

Выработанное тепло: 20...35 ГДж / день.

Использование выработанной энергии: внутренние потребности свалки твердых коммунальных отходов.

Начало эксплуатации: 1996 г.; закрыта в 2002 г.

Окупаемость: 6—8 лет.

2.4 Газ со свалок

Качество окружающего пространства становится все в большей мере первоочередным требованием и показателем жизненного уровня. Основные документы, такие, как Конституция Словакии, и вновь принятые законы, затрагивают главные задачи по охране и созиданию окружающего пространства [5]. Из основных составляющих окружающего пространства, т. е. воздуха, воды и земли, в последние годы обесценивается, главным образом, земля: сельскохозяйственная, лесная, а также необработанная площадь, изъятая для свалок, насыпок, занятая цыганскими поселениями и подобных нежелательных завалов твердых отходов.

Другой проблемой является стремительный рост производства отходов в связи с развитием промышленного производства, концентрацией и интенсификацией сельскохозяйственных предприятий и, прежде всего, ростом жизненного уровня, не всегда связанного с необходимостью использования для упаковки предметов первой необходимости оберточных материалов, которые потом большей частью попадают в отходы.

Не следует пренебрегать и развитием автомобилизма, которое сопровождается производством твердых отходов (например, упаковка от автокосметики, старые шины, кузова машин, аккумуляторы и их элементы), которые появляются на городских и пригородных пространствах.

Совершенно ясно, что твердые отходы являются одним из загрязняющих факторов окружающего пространства. В современных условиях, а пока речь не идет о крайне больших источниках, в газообразных вредных веществах и в источниках загрязнения существует важный фактор разжижения и сравнительно быстрого разложения этих вредных веществ потоками канализационных вод. Большинство видов твердых отходов, главным образом промышленных, сравнительно устойчивы против химического и биологического разложения (например, ПЕТ (полиэтиленовые) бутылки и др.), поэтому не распыляются и не смешиваются в атмосфере с водой, быстро накапливаются и создают проблемы с утилизацией.

Большое влияние на проблему твердых отходов оказывает развитие топливно-энергетической и сырьевой базы. Ее развитие, а также состояние довольно тесно связаны с оценкой отходов как возможного сырья или, наоборот, необходимостью ограничения их нецелевого производства.

Проблемы, которые могли бы быть вызваны дальнейшим неконтролируемым потреблением энергии и сырья, были комплексно рассмотрены системным подходом и с использованием вычислительной техники. На расширенном статистическом материале, подготовленном *Meadows USA* [85], а также организациями других стран был показан, по-существу, экспоненциальный рост добычи и потребления сырьевых ресурсов (нефти, природного газа и т. д.). При этом ресурсы основных источников значительно ограничены, учитывая нынешнее развитие, несмотря на новые открытия классических источников сырья. А также из предположения интенсивнейшей разведки источников во всем мире можно ожидать вычерпание

мировых запасов таких металлов, как медь, серебро, олово, цинк и т. д., а также природного газа в пределах 40—100 лет [85].

Энергетический кризис в середине 1970-х гг. потряс экономику многих государств и имел соответствующий отклик в подходе к топливно-энергетической и сырьевой базе. Во многих странах подчеркивалась важность серьезных прогнозных анализов, определяющих в настоящее время производственную и экологическую проблематику. Из целого ряда научных трудов можно сделать вывод, что быстрый рост промышленного и сельскохозяйственного производства сопровождается также экспоненциальным ростом производства вредных веществ и отходов в локальных подсистемах и в мировом масштабе. Указывается, что содержание углекислого газа в воздухе с 1860 г. за сто лет выросло на 6,5%. К такому же приросту CO₂ в земной атмосфере с 1960 г. пришли уже за 18 лет.

Приведенные проблемы связаны также с вопросом потребления недолговечных товаров.

Общеизвестно, что в потребительском обществе производство работает так, чтобы долговечность изделий была невысокой. Основную долю в производстве отходов имеет упаковочная техника. Гигиенические и эстетические упаковки необходимы, они отражают уровень цивилизации и культурный уровень общества. Однако это не должно вести к нецелевому разбазариванию и использованию материалов, которые исключают обычные способы регенерации (например, оберточная бумага, комбинированная с пластиком и алюминием, которая лишь с проблемами может быть регенерирована и т. д.). Известны попытки решить эти вопросы. Например, фирма *Porsche* изготовила модель транспортного средства, которое при сниженных выхлопах и при сниженном шуме (выполнены так называемые калифорнийские требования по эмиссии, шуму и пассивной безопасности) в настоящее время долговечнее (300 000 км, соответственно 20 лет ресурс). При этом технология производства разработана так, что облегчила регенерацию материала, например, не комбинируется медь и алюминий и т. д. Во многих странах отдельные большие супермаркеты отменили упаковку и вложение малых товаров в непомерное множество пакетов и покупных сумок. Со слоганом об ограничении производства отходов предлагают покупку дешевых многоразовых сумок. Будет ли это решение всеобщим — зависит от всеобщей концепции общественного потребления.

2.4.1 Краткий обзор проблем с отходами в Словакии

Развитие проблематики твердых отходов

К техническому и организационному решению вывоза отходов из городов и развитию принципов ограничения пыльности при их сборе и перевозке пришли лишь в начале XX в. В Праге еще в 1920 г. использовалось 170 открытых телег для вывоза отходов на окраины города. Эта система заводилась постепенно с 1923 г., а использование сборных телег началось с 1930 г.

Гигиенически удовлетворяющее обезвреживание твердых отходов осуществилось лишь с реализацией трех основных технологий, т. е. компостирования, сжигания и управляемого складирования отходов.

Компостирование без претензий на гигиеническую особую эксплуатацию и преследование более широких аспектов охраны окружающего пространства производится с начала XX в. Главным образом в Голландии и в некоторых областях Германии продукт начали использовать для повышения качества песчаных земель. В Голландии было внедрено в сельском хозяйстве в виде компостов почти 25% отходов.

Первые печи для сжигания отходов были введены в эксплуатацию в Великобритании в конце 70-х гг. XX в. На континенте они внедрялись значительно медленнее, в сущности, лишь с 1920-х гг. XX в. Пражская печь для сжигания отходов, построенная в 1933 г., была в свое время самой современной и первой большой печью в средней Европе.

Организованные свалки впервые появились в Англии в начале 1970-х гг. Однако их всеобщее внедрение, в качестве существенно приемлемого способа сбора отходов, не везде прижилось.

Интенсификация сельского хозяйства после Второй мировой войны привела к тому, что потребление целого ряда отходов промышленности, городских отходов и ила из очистных сооружений стало весьма значительной частью отходов сельскохозяйственного производства.

Выбранные основные понятия и названия отходов

Отходами, в соответствии с § 2 Закона об отходах 223/2001 Сб. з., называется «освобожденный предмет, от которого владелец избавляется,

хочет избавиться или в соответствии с этим законом или особыми предписаниями должен избавиться» [69].

Региональная информационная система об отходах (РИСО) обеспечивает Центр хозяйства отходов и экологического менеджмента (ЦХОЭМ) Словацкой агентуры окружающего пространства в Братиславе, открытый в 1996 г. Министерством окружающего пространства Словакии.

Работа с отходами является деятельностью, которая направлена на ограничение возникновения отходов и снижение их опасности для окружающего пространства, а также на складирование отходов в соответствии с этим законом.

Под **складированием** отходов понимается сбор, транспортировка, оценка и обезвреживание отходов, включая решение вопроса о месте обезвреживания.

В соответствии с Законом 223/2001 Сб. з. установлен новый каталог отходов, классифицирующий их на следующие категории:

- а) остальные (*O*);
- б) опасные (*N*).

Твердые коммунальные отходы относятся к категории «*O*» (остальные отходы), но содержат также опасные вещества. Под **коммунальными отходами** понимают домашние отходы, возникающие на территории населенных пунктов в результате деятельности физических и юридических лиц, как и отходы, возникающие от деятельности при чистке общественных коммуникаций и территорий, при содержании общественных зеленых насаждений, включая парки и кладбища.

Состав ТКО, согласно действующему каталогу отходов, приведен в таблице 2.33.

Т а б л и ц а 2.33 — Состав ТКО [69]

Код отходов	Название отходов	Происхождение отходов	Категория
200301	Отходы с домашнего хозяйства	Работа в домашнем хозяйстве	<i>O</i>
200301	Отходы (как домашние) с района	Инфраструктура района, транспорт, предприятия, зоны отдыха, управление	<i>O</i>

Окончание табл. 2.33

Код отходов	Название отходов	Происхождение отходов	Категория
200113-199	Отделенные (отсортированные) домашние отходы с содержанием вредных веществ	Сепарированный сбор из домашнего хозяйства	N
200304	Отходы из септиков и выгребных ям коммунального хозяйства	Частные дома, инфраструктура района	O
200307	Габаритные отходы домашнего хозяйства	Работа в домашнем хозяйстве	O
200307	Габаритные отходы жилого района	Инфраструктура района, транспорт, предприятия, зоны отдыха, управление	O
200303	Уличный мусор	Очистка общественных территорий	O
200201-03	Зеленые отходы	Парки, дачи, кладбища	O

Баланс возникновения, складирования и обезвреживания отходов в Республике Словакия

Согласно РИСО в 2001 г. в Словакии было произведено всего 16,4 млн т отходов, в том числе 6,28 млн т остальных отходов и 8,46 млн т опасных отходов. Возникновение отходов по отдельным хозяйственным отраслям показано в таблицах 2.34 и 2.35 [61].

Т а б л и ц а 2.34 — Рост количества произведенных отходов в Словакии, млн т согласно данным РИСО [61]

Отходы	Год						
	1992	1993	1995	1996	1997	2000	2001
Особые,* т	9,0	8,0	6,2	10,1	9,7	9,8	8,5
Коммунальные	1,6	1,6	1,6	1,7	1,8	1,8	2,0
Опасные	3,4	3,3	2,5	1,5	1,5	1,6	1,7
Остальные	24,6	25,0	19,5	10,1	10,1	6,3	6,3
И Т О Г О	33,6	33,0	25,7	20,1	19,8	16,1	16,4
<i>Примечание. *Особые без опасных отходов.</i>							

Т а б л и ц а 2.35 — Возникновение отходов по отдельным отраслям за 2001 г., тыс. т / г. [61]

Отрасль хозяйства	Общее количество отходов	Количество отходов по группам		
		остальные	особые	опасные
Сельское хозяйство	4 654,600	287,600	4 329,000	37,900
Рыболовство	0,087	0	0,084	0,003
Промышленность в целом	6 645,000	3 882,000	1 814,600	948,400
Строительство	338,700	169,200	144,500	25,000
Торговые службы	183,400	14,800	81,800	86,800
Отели и рестораны	8,200	0,300	7,700	0,300
Транспорт и связь	174,100	84,700	55,700	33,700
Финансы и страхование	1,100	0,080	0,900	0,060
Общественные управления и охрана	1 603,000	98,000	1 502,100	2,900
Образование	10,300	1,100	8,800	0,400
Здравоохранение и социальное обслуживание	92,300	4,000	75,000	13,400
Остальные общественные службы	231,600	82,700	102,200	46,700
Продажа, поддержание и ремонт моторных средств	243,100	144,100	79,500	19,500
Неустановленные	2 224,800	1 514,500	262,600	447,700
И Т О Г О	16 410,200	6 283,000	8 464,400	1 662,800

Наиболее распространенным способом обезвреживания отходов является их складирование на свалках — 23,3% (3,7 млн т), при этом главной составляющей являются коммунальные отходы — 63,47% (1,08 млн т). По данным РИСО в 2001 г. уничтожено сжиганием 550 798,97 т отходов разных категорий, что составляет 3,5% отходов.

Из всего количества отходов, произведенных в 2001 г., собрано 8 180 954,88 т, что составляет 51,17%. В Республике Словакии произведено, согласно данным РИСО и в результате пересчета на сухие отходы, 2 095 577,5 т коммунальных отходов, что составляет 389,6 кг на жителя в год [66; 86].

Возникновение отходов в отдельных хозяйственных отраслях в 2001 г. показывает, что больше всего отходов без разделения на категории производят промышленные отрасли (6,7 млн т) и сельское хозяйство (4,7 млн т) (см. табл. 2.35).

Все количество отходов в рассматриваемом промежутке времени имеет убывающую тенденцию. По сравнению с 1997 в 2001 г. было значительное снижение отходов, на 3,5 млн т отходов (см. табл. 2.34).

В категорию «остальные отходы» в 1995—2001 гг. были собраны данные от производителей по действующим правилам сбора отходов. В 1996—2001 гг. уже работали по квалификационным оценкам. В период между 1995 и 2001 гг. количество «остальных» отходов снизилось на 13,2 млн т, что представляет собой существеннейшую смену в балансе отходов, позитивный результат влияния внедрения законных инструментов в практике.

Учитывая введенный каталог отходов уведомлением 19/1996 Сб. з. в законную практику, сравнение баланса особых отходов возможно лишь за промежутки времени 1996—2000 гг. Количество «особых» отходов в этом промежутке времени изменялось в границах 10,1...9,8 млн т. Эти данные относятся лишь к коммунальным отходам, количество которых, по сравнению с 1999 г., постепенно повышалось на 0,2 млн т [61; 66]. Их загрузка показана в таблице 2.36. Количество опасных отходов с 1996 г. было на уровне 1,3...1,7 млн т.

Устройства для сбора и обезвреживания отходов

Хотя в Словакии существует достаточная сеть собирающих и обеззараживающих предприятий, многие из них не выполняют требования законодательных предписаний ЕС в области хозяйствования с отходами, главным образом инструкции о складировании и инструкции о сжигании отходов. Отсутствует также инфраструктура для специфических типов отходов, например, для батарей, содержащих олово и ртуть, и для ПХБ (полихлорированные бифенилы), соответственно для ПЦДД / ПЦДФ (дибензодиоксины и дибензофураны), а также для ПАГ (полициклические ароматические углеводороды) [87].

Таблицы 2.37 и 2.38 содержат данные о количестве обработанных и обезвреженных отходов в 1999 г. [54].

Т а б л и ц а 2.36— Загрузка коммунальными отходами в 2000 г., тыс. т [87]

Название отходов	Общее количество отходов, кг	Использование			Обезвреживание				Другой способ загрузки отходов
		материальное		энергети- ческое	складированием		сжиганием		
		в качестве вторичного сырья	компо- стирова- нием		на террито- рии насе- ленного пункта	вне насе- ленного пункта	с энергетиче- ским исполь- зованием	без энергетиче- ского исполь- зования	
Все коммунальные отходы									
В том числе:	1 706,700	36,200	84,800	0,830	297,100	758,800	203,500	5,000	320,500
домашние отходы	889,100	28,800	1,900	0,400	181,700	556,600	117,000	1,900	0,800
отходы, подобные домаш- ним, но с населенного пункта	203,800	2,300	0,200	0,050	36,500	84,200	80,100	0,200	0,400
раздельные отсортированные домашние отходы с содер- жанием вредных веществ	0,500	0,400	—	0,000	0,005	0,080	0,000	0,002	0,030
отходы из септиков и вы- гребных ям коммуналь- ного хозяйства*	367,200	2,000	48,500	—	—	—	—	—	0,300
объемные отходы из до- машних хозяйств	63,400	1,500	1,000	0,060	21,000	37,800	1,000	0,500	0,600
объемные отходы с насе- ленного пункта	77,600	0,800	0,300	0,300	28,900	44,300	2,700	0,300	0,200
уличный мусор	41,900	0,300	0,070	0,007	18,000	22,500	0,300	0,300	0,400
отходы с зелени	63,100	0,100	33,00	0,100	11,000	13,400	2,400	1,800	1,400
<i>Примечание.</i> Данные по септикам и выгребным ямам коммунального хозяйства, представленные статистическим управлением Словакии, умножены на коэффициент 0,15, который учитывает перерасчет сточных вод на сухие отходы.									

Т а б л и ц а 2.37 — Обезвреживание и использование твердых коммунальных отходов, тыс. т [87]

Количество	Использование			Обезвреживание				другое
	в качестве вторичного сырья	компостирование	энергетическая оценка	складирование		сжигание		
				на территории поселка	вне территории поселка	с энергетическим использованием	без энергетического использования	
1 740,0	29,6	109,7	0,5	358	759	173	7,3	302

Т а б л и ц а 2.38 — Способы переработки и обезвреживания, используемые для опасных специальных отходов в 2002 г., т [87]

Способ	Особые отходы вместе (Z + N)	%	Количество особых отходов (Z)	%	Количество опасных отходов (N)	%
Складирование (общее)	2 288 954,0	24,1	2 085 659,0	25,7	203 295,0	14,9
Сжигание	293 302,5	3,1	186 684,3	2,4	106 618,2	7,8
Уплотнение	5 509 022,4	58,0	5 221 318,5	64,2	287 703,9	21,0
Биологическая обработка	917 431,9	9,6	444 425,6	5,5	473 006,3	34,7
Физико-химическая обработка	134 129,7	1,4	333,3	0,1	133 796,4	9,8
Складирование	99 229,5	1,0	60 884,8	0,1	38 344,7	2,8
Другое	169 551,5	1,8	104 507,3	1,4	65 044,2	4,8
Неустановленный	92 004,6	1,0	34 410,6	0,4	57 594,0	4,2
И Т О Г О	9 503 626,1	100	8 138,4	100	1 365 402,7	100
<i>Примечание.</i> Z — особые отходы.						

Краткий обзор современных возможностей использования и обезвреживания отходов

Современные возможности использования и обезвреживания (обработка, которая не способствует нанесению вреда окружающему пространству или угрозе здоровью людей):

- а) складирование;
- б) компостирование;
- в) сжигание;
- г) комбинация компостирования и сжигания.

На рисунке 2.71 изображены способы переработки отходов в Словакии в 2000 г.

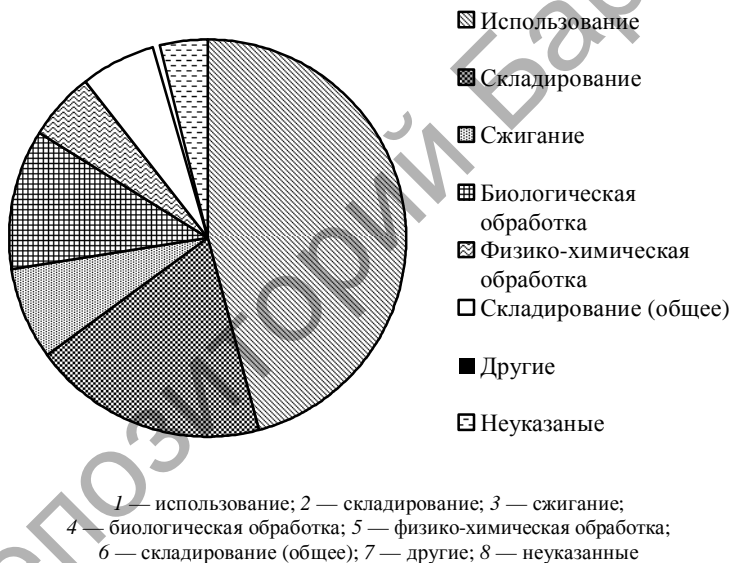


Рисунок 2.71 — Способы переработки отходов в Словакии в 2000 г.
(по [5] с изменениями)

Складирование

Складирование является пока наиболее распространенной формой обезвреживания отходов. Согласно доступным официальным данным в странах Западной Европы складировается около 90% отходов [68]. В отличие от Словакии, в большинстве стран обращают внимание на то, чтобы складирование было организованным. В некоторых госу-

дарствах (Великобритания, Франция, Швейцария и т. д.) действуют весьма точные правила, предупреждающие гигиенические и эстетические недостатки, которые стихийно проявляются на свалках.

Сведения из-за границы подтверждают, что со складированием отходов необходимо считаться и в будущем. Также в местах, оснащенных печами для сжигания отходов или местами для компостирования, должны быть предусмотрены площади для размещения свалки, несжигаемых или некомпостируемых отходов, которые другим способом удалить не получается. Для многих небольших районов складирование представляет собой одну из используемых форм удаления отходов.

Проблемы с выбором мест для свалок являются общими, их решением является то, что свалки постоянно отдаляют от городов. Например, в Париже часть отходов отвозят на расстояние 70 км, хотя имеется четыре печи. Эти обстоятельства приводят в некоторых больших городах к организации перекалывания отходов, т. е. отходы со сборных транспортных средств перекалываются на специальные грузовые автомобили с прицепами. Это было бы не экономичным, если бы при переправе отходов на большие расстояния не использовали бы большие фуры.

Компостирование

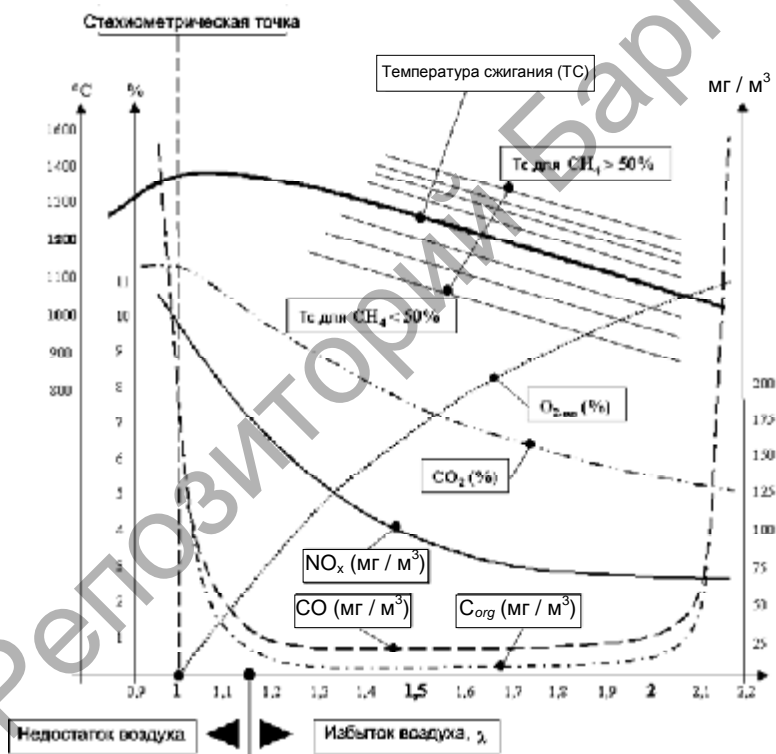
Производство перегноя из отходов обусловлено, прежде всего, возможностями его сбыта. По финансовым причинам приходят к использованию этого перегноя там, где речь идет об интенсивном использовании земли (огородничество, виноградарство, лесничество и т. п.). Основным сырьем в устройствах для компостирования являются твердые домашние отходы. Компостные устройства имеют разную степень оснащенности, наиболее современные полностью автоматизированы. Некомпостируемые излишки отвозятся на свалки или сжигаются.

При компостировании видоизменение органических веществ основано на двух основных процессах: аэробном и анаэробном.

Сжигание

Из множества известных способов обезвреживания отходов *сжигание* является наиболее универсальным, почти всегда используемым, однако не всегда наиболее дешевым. Этот способ промышленного использования отходов требует всегда более высоких инвестиционных расходов (на строительство печи), и его эффективность зависит от многих других факторов.

Преимуществом сжигания является возможность перерабатывать всякие твердые домашние отходы и часть твердых промышленных отходов без остатков, а также с малым остатком (после сжигания в печах объем уменьшается почти на 90%). Отходы обрабатываются сжиганием на специальной решетке, при низкой теплотворности отходов с подаваемым топливом (чаще всего природным газом). Тепло, возникающее при сжигании отходов, можно потом использовать, например, для выработки пара. Режимы при сжигании газа из свалки видны на рисунке 2.72. На рисунке 2.73 показано влияние



λ — коэффициент избытка воздуха; T_c — температура сжигания; $O_{2, res}$ — излишний кислород в продуктах сгорания; CO_2 — оксид углекислый в продуктах сгорания; NO_2 — оксид азотный в продуктах сгорания; CO — оксид углеродный в продуктах сгорания; C_{org} — углерод в продуктах сгорания

Рисунок 2.72 — Зависимость температуры сгорания на возникновение эмиссии при сжигании газа со свалки [68]

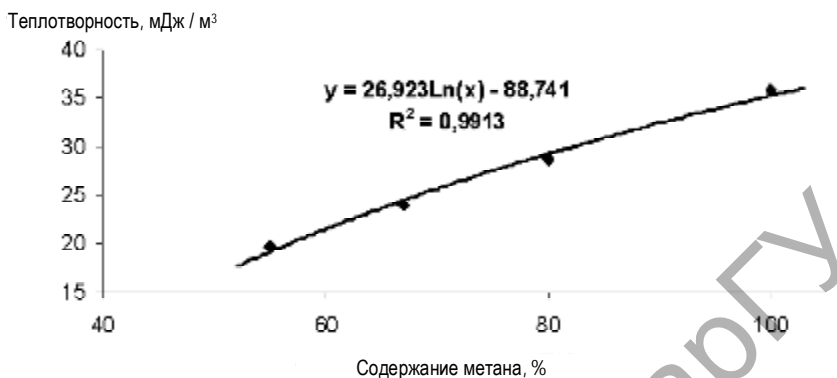


Рисунок 2.73— Зависимость теплотворности биогаза от содержания метана [68]

теплотворности на содержание метана в газе из отходов (биогазе). В этом случае печь для сжигания отходов построена как обогревающая или тепловая. Однако необходимым условием является потребность в тепле в ближайшей окрестности, где расположена печь.

2.4.2 Комбинация устройств для компостирования и печи для сжигания отходов

При такой комбинации из отходов получают тепловую энергию и компост. Но необходимо учитывать в первую очередь то, чтобы объем необрабатываемых складываемых отходов, не был изменен даже в минимальной мере.

Складирование отходов

Складирование отходов — это, согласно действующему Закону 223/2001 Сб. з. об отходах, укладка отходов на свалку отходов.

Свалка отходов — это место с установкой для обезвреживания отходов, где отходы постоянно складывают на поверхности земли или в землю.

Свалкой отходов считают как место, на котором хозяин отходов выполняет обезвреживание своих отходов в месте производства

(закрытая свалка), так и место, которое длительно, больше одного года, используется для временного складывания отходов. В качестве свалки отходов не используют устройства, в которые складывают отходы с целью их подготовки для дальнейшего перемещения на место обработки, уплотнения или обезвреживания, если время их укладки перед их уплотнением и упорядочением не превышает, как правило, трех лет, либо перед обезвреживанием не превышает одного года (§ 15 Закона 223/2001).

Согласно § 25 уведомления Министерства коммунального хозяйства Словакии № 283/2001, свалки отходов делятся:

- на свалки отходов для инертных отходов;
- свалки для отходов, которые не являются опасными;
- свалки для опасных отходов.

Инертные отходы — это отходы, у которых не происходит различных значительных физических, химических или биологических изменений. Инертные отходы не растворяются, не горят, не вступают в химические и физические реакции, не подвергаются биологическому разложению и не испытывают вредного влияния других веществ, с которыми находятся в контакте, что могло бы привести к загрязнению окружающего пространства или повреждению здоровья людей. Вся выщелачиваемость и загрязнения, содержащиеся в отходах, и экотоксикация щелочей должны быть нейтрализованы и не должны угрожать качеству поверхностных и подземных вод. Предельная концентрация веществ в водных щелочах не может превышать величины, указанной в приложении 13 (§ 25, пункт 2 уведомления Министерства коммунального хозяйства Словакии № 283/2001).

Отходы, которые не являются опасными — это отходы, направляемые на свалку, не имеющие никаких опасных свойств (§ 25, пункт 3 уведомления Министерства коммунального хозяйства Словакии № 283/2001).

Опасные отходы — это отходы, которые имеют одно или много опасных свойств, приведенных в приложении 4 Закона № 223/2001 Сб. з. (§ 2, пункт 13).

Складирование отходов осуществляется на отдельных свалках:

- для инертных отходов (лишь инертные отходы);
- для отходов, которые не являются опасными: коммунальные отходы, стабилизированные *N* (неопасные) отходы (критерием является выщелачиваемость), остальные отходы;

– для опасных отходов (лишь опасные отходы).

Складирование, главным образом для коммунальных отходов, является наиболее распространенным способом обезвреживания отходов в Словакии.

Республика Словакия вместе с другими странами приняла директиву Европейского союза 99/31/ЕС о свалках. Выполнение этой директивы уже началось, потому что складирование является наиболее значительным и наиболее частым способом укладки отходов в Словакии (табл. 2.39). На основе Закона 223/2001 Сб. з. об отходах и соответствующих исполнительных указаний, которые начали действовать еще в июле 2001 г., выполняются следующие шаги:

- переклассификация существующих свалок;
- пересмотр разрешений;

Т а б л и ц а 2.39 — Обзор роста числа свалок отходов в Республике Словакии с 1992 по 1994 гг. [68]

Свалки	Год						
	1992—1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Общее число зарегистрированных свалок	8 372	6 370	5 530	—	—	—	—
В том числе: свалки действующие	—	617	538	538	540	568	503
В том числе: действующие по специальным условиям	—	—	—	—	—	—	—
соответствующие законодательству	—	408	436	424	416	429	362
В том числе: число региональных свалок	—	—	67	84	—	—	—
незавершенные	—	—	27	20	5	62	67
построенные	—	9	11	—	5	—	—
рекультивированные	1 470	—	—	—	—	—	—

- подготовка планов упорядочения существующих свалок и их оценка соответствующими органами;
- разработка плана закрытия существующих свалок отходов;
- введение новых правил предоставления разрешений на новые свалки;
- восстановление биоэкологических отходов, уложенных на свалке, в соответствии с возникшими задачами;
- регистрация необходимых данных, включая количество биоэкологических отходов, идущих на свалку;
- мониторинг и инспекция систем.

Известно, что незапланированная свободная укладка твердых отходов без оценки и ограничений возможных влияний на окружающее пространство на свалках, эксплуатируемых в большинстве случаев без разрешения, является источником серьезных проблем для окружающего пространства. Поэтому так называемые «дикие свалки» в развитых странах караются законом, главным образом если это связано с угрозой здоровью или окружающему пространству. Противоположностью им являются организованные свалки.

Принципы организации свалки, которых должны придерживаться, складывая твердые домашние коммунальные отходы и подобные другие виды отходов предприятий и устройств общественных сооружений городов, заключаются в следующем [68]:

- а) отходы организованно укладываются на пригодные для этих целей подготовленные территории;
- б) отходы разравниваются и уплотняются толстым слоем и отлогих склонах высотой до 2 м;
- в) уплотненные отходы ежедневно сверху и с боков покрывают толстым слоем (примерно 0,2 м) земли;
- г) заполненный объем организованной свалки рекультивируется определенным способом, что позволяет использовать свалку по назначению.

Однако такой подход не может оградить от негативных результатов складирования вредных материалов промышленности и сельского хозяйства. Например, свалки химических заводов (рафинирование, неорганическая химия и т. п.), которые содержат илы со значительным содержанием солей, полимеров с кислотного рафинирования и других органолептических вредных веществ, представляют непосредственную угрозу подземным водам.

Организованные свалки промышленных отходов — это такие свалки, для которых на основе документального анализа всяческих природных и земельных условий, данной технологии и ее прогноза, оценки возможности аварий и т. д., выполнена организованная подготовка места, выполнены мероприятия против просачивания, обеспечена организованная техника укладки отходов и окончательная подготовка свалки, которая исключает негативное влияние свалки на окружающее пространство в ходе наполнения и до закрытия свалки.

В некоторых случаях удобным является строительство организованных комбинированных свалок коммунального, промышленного и других видов отходов.

На организованных свалках домашних и подобных отходов идет тенденция к укладке в отвал измельченных или прессованных отходов. Это позволяет не только укладывать большее количество отходов, но и устранять некоторые другие неблагоприятные последствия (запах отходов) и снизить потребности покрываемой земли.

Вред, причиняемый свалками

Неорганизованные «дикие» свалки означают явную угрозу здоровью и являются источником неприятностей и небезопасного ущерба для своего округа.

Угроза здоровью может наступить в результате переноса болезнетворных микробов при непосредственных контактах с поверхностными и подземными водами. Свободно насыпной материал на свалках является рассадником мух, которые могут переносить микробы желудочных и вирусных заболеваний на людей и животных.

На «диких» свалках имеются благоприятные условия для появления грызунов, которые являются переносчиками желудочных болезней, лептоспироза, бешенства и т. п. Существует угроза и для домашних животных, рыскающих по свалкам, они также могут быть переносчиками некоторых болезней.

«Дикие» свалки являются источником бактериальных, паразитарных и вирусных болезней растений, вызываемых или перенесенными разными видами насекомых [88].

«Горящая» свалка способствует загрязнению воздушного пространства пеплом, сажей, летящими обугленными кусками бумаги и газами, которые неприятно пахнут. А дым с «горящих» свалок

может создавать конденсационные ядра, которые при метеорологической ситуации способствуют созданию тумана, ухудшающего транспортную ситуацию значительным снижением видимости.

Во многих странах не разрешается расположение свалок вблизи аэродромов, так как, кроме образования тумана, важной проблемой является и повышенный прилет птиц, ищущих на «диких» свалках или недостаточно организованных свалках пищу. Засасывание этих птиц двигателями самолетов может привести к авиационной аварии.

Вода, загрязненная просачиванием и смывами со свалок, содержит бактерии тифа и паратифа и другие желудочных болезней. При навале свалок промышленными отходами число веществ, загрязняющих воду, значительно расширяется (токсичные металлы, цианиды, пахнущие дегтевые и нефтяные продукты, опасными являются также средства защиты растений).

Опасными для человека являются «горящие» свалки, так как на них в любой момент может произойти взрыв либо обрушение самой свалки.

Опасность представляет также загрязнение подъездных коммуникаций отходами и некоторыми промышленными илами, которые чаще всего из-за влажности способствуют скольжению на дороге.

Угрозу безопасности создает возникновение горючих и взрывчатых газов, прежде всего метана. В некоторых случаях этот газ может проникать через землю на значительные расстояния.

«Дикие» свалки создают некоторые гигиенические и эстетические проблемы: пыльность и полеты бумаги, пленки и других загрязнений, тяжелый запах гниющих свалок городских отходов и некоторых отходов промышленности и сельского хозяйства.

Нельзя пренебрегать также и экономическими потерями, вызванными «дикими» свалками. К этому относятся и загрязнение сельскохозяйственных земель, в некоторых случаях — других земельных участков, расходы на тушение возгораний, истребление грызунов и т. д.

Большое значение имеют и социальные последствия. Загрязненные площади и «дикие» свалки создают неэстетический вид окружающего пространства, способствуют снижению общественной ответственности и неблагоприятно влияют на воспитание молодого поколения в области эстетики, охраны окружающего пространства и т. п.

Складирование основных видов твердых промышленных отходов

Этот тип отходов представляет организованное складирование определенных объектов на подготовленное надлежащим образом место, где предусмотрена специальная техника укладывания отходов и окончательная подготовка свалки, заключающаяся в том, чтобы в случае наполнения и по окончании будут исключены все недостатки.

В основных промышленных отраслях с наибольшим производством отходов, к счастью, не встречаются нежелательные токсичные и вредные вещества.

Энергетика и переработка угля. Отходы образуют пепел, золу, керамзит и сажу. Урон наносится по причине изъятия земли, выщелачивания и невозможности или невыгодности рекультивации, загрязнения исключительно токсичными веществами из пепла, дегтевыми веществами (газовые, коксовые, генераторные станции) и т. д. [68].

Организованные свалки в большинстве случаев не следует ежедневно засыпать землей. В пыльных отходах необходимо принимать меры против лёта пыли, осуществлять мероприятия, обеспечивающие безопасность и замедление просачивания и т. п.

Металлургическая промышленность и машиностроение производят отвалы стружки, которая в основном используется в строительстве. На свалках и отвалах образовавшаяся щелочь, пыль, заселение насекомыми и прочее ни к какому вреду в большинстве случаев не приводит. Лишь некоторые отходы могут иметь токсичные щелочи. К ним относятся металлические опилки, песок из использованных литейных форм, масло и охлаждающие жидкости при обработке в машиностроительном производстве и т. д.

Стекольное и керамическое производство имеет инертные отходы, черепки, пепел, которые можно складировать без засыпки землей. Исключение составляют отходы с небезопасным выщелачиванием дегтя, масел, с содержанием фторидов, металлических ионов и т. д., которые необходимо укладывать с защитой против просачивания и смывания.

Деревообрабатывающее производство дает постоянно много отходов (кора, опилки и т. п.). В последнее время деревообрабатывающая промышленность опять возвратилась к их использованию посредством производства пеллет и брикета [64]. Органическое

выщелачивание этих материалов не ограничено. Аэробная свалка, уложенная тонким слоем, ускоряет положительным способом разложение древесной массы в сравнении с засыпанной многослойной свалкой. Ил из очистных сооружений, отходы производств древесностружечных плит в обезвоженном состоянии пригодны для прямого внесения в качестве удобрения и к складированию на общественные организованные свалки. Отходы лакокраски, крашения и поверхностных обработок в большинстве случаев являются опасными химическими отходами.

Перерабатывающая промышленность, кожевенная промышленность и им подобные производства образуют отходы, которые, с точки зрения возможности разложения, близки к городским отходам. Они могут быть в небольшом количестве обезврежены организованным складированием в смеси с другими отходами. Некоторые из них могут быть биологически очень вредными. Охрана воды поэтому является всегда необходимой.)

Химические отходы предприятий химической промышленности и других отраслей представляют сложнейший сбор веществ с различными токсичными, биологическими, химическими и органолептическими воздействиями, с опасностью пожаров и угрозой безопасности. Из-за их специфических свойств необходимо индивидуально подбирать способ их складирования. Складируют можно некоторые отходы неорганической химии.

Сельскохозяйственные отходы при расширенном сельскохозяйственном производстве можно перерабатывать компостированием или внесением в землю в виде удобрения, поэтому они не создают значительных проблем. При значительных объемах производства, преимущественно животноводческом, обезвреживание или складирование фекалий и жидких отходов (навозной жижи) относятся к сложным проблемам. Обычное складирование предпочтительнее компостирования или других технологий переработки, например, получения биогаза путем ферментации навоза в когенерационных установках [67].

Проблемы возникают при быстро возрастающей концентрации производства. Современные фермы используют бесподстилочную эксплуатацию, когда невозможно использовать соломенный навоз, вывозя его на навозохранилище и после вызревания использовать. Фекалии смывают, и возникшая навозная жижа, примерно после

недельной выдержки, помещается в навозные башни или прямо вносится в виде удобрения и т. п. Помет домашней птицы хорошо компостируется, сушится и далее используется.

В сельскохозяйственных отходах имеются опасные отходы и остатки средств защиты растений, которые являются токсичными, органолептически вредными и не могут быть устранены в организованных свалках [65].

Складирование твердых домашних отходов и подобных им коммунальных отходов

Из-за сравнительно большого разнообразия городских отходов необходимо уделять им особое внимание, несмотря на то, что в суммарном балансе отходов промышленности, сельского хозяйства городские отходы составляют около 5%.

Организованное складирование применяется уже более 70 лет при использовании основного принципа уплотнения и засыпкой тонкими слоями земли. Несмотря на это, существует немало проблем, которые являются предметом исследований.

Работа при организованном складировании твердых отходов

При складировании необходимо выполнять работу в соответствии с типом отходов, их количеством, гранулометрическим составом, влажностью и другими обстоятельствами, которые влияют не только на саму эксплуатацию свалки, но и на окружающее пространство. Для промышленных отходов часто используется специальная механизация. Также для сельскохозяйственных отходов используется специальный транспорт.

Технология организованного складирования коммунальных отходов

Технология организованного складирования представляет, прежде всего, постепенное укладывание отходов с регулярным засыпанием уплотненных отходов инертным материалом или землей. Чаще всего различают укладывание отходов в землю плоским укладыванием, которое может быть надуровневым и подуровневым.

В качестве механизированных средств для уплотнения отходов применяют бульдозеры и компакторы.

Закрытие и рекультивация свалок

Уже в проекте организованных свалок должна быть документирована окончательная форма и состав свалки, а также способ ее включения в местность, далее проект должен содержать документ о функциональном использовании рекультивированной свалки.

Усадка и стабилизация свалок

В значительной мере усадку и стабилизацию свалок можно оценить по специфической плотности, соответственно насыпной плотности. Эта оценка снижается уже довольно долго от величин $0,5 \text{ т/м}^3$ до $0,3 \dots 0,2 \text{ т/м}^3$ и $0,2 \dots 0,13 \text{ т/м}^3$ [62]. Уплотнение 1,5 для наиболее плотных отходов (почти 2,0 для наиболее легких отходов) означает уменьшение объема свалки на 35...50%. Из приведенных данных выходит специфическая плотность свалки почти $0,9 \text{ т/м}^3$ для хорошо уплотненной организованной свалки; $0,3 \text{ т/м}^3$ — для плохо уплотненной свалки; в среднем — $0,5 \dots 0,6 \text{ т/м}^3$. Скорость усадки зависит также от средней влажности свалки, которая обуславливает скорость биологических процессов.

Оптимальным снижением высоты свалки является величина 20% со всей величины за год для аэробных ферментируемых свалок, в то время как для постепенно разлагаемых свалок эта величина составляет лишь 5% в год.

На степень усадки влияет также состояние законченной и вызревшей свалки. Свалку после окончания необходимо контролировать, так как усадка может привести к растрескиванию крытого слоя, а в трещинах может накапливаться вода или могут собираться грызуны.

При закрытии организованных свалок коммунальных отходов необходимо поступать так, чтобы было возможно:

- а) обновить исходную территорию, уничтоженную добычей минерального сырья;
- б) создавать искусственные ландшафтные образования;
- в) создавать игровые площадки, парки, зеленые площадки для отдыха;
- г) рекультивировать для целей текущего растительного производства;
- д) создавать плодовые или овощные плантации;
- е) выполнять лесную рекультивацию;
- ж) размещать склады и конструкции.

Просачивание и смыв

Важным и, вероятно, значительным ограничивающим показателем при выборе места для организованного складирования являются просачивание и смывы со свалок. Определяющим для образования выщелачивания является инфильтрация дождевой воды в свалке. В этой воде, а также при влажности самой свалки (обычно 20...30 %) растворяется углекислый газ и другие газы, которые поддерживают растворение минеральной части отходов. В воде растворяются также некоторые продукты разложения отходов. Возникшее просачивание очень сильно загрязнено органическими и минеральными включениями. Вода, просачивающаяся вместе с неразложившимися отходами, выщелачивает большое количество загрязняющих веществ, она, достигая соответствующей водной мощности, превращается в щелочь, которая вытекает при непропускаемом основании или просачивается в подземные воды [62].

Просачивание из-за неомогенности отходов не может быть регулярным, так как в свалке имеются сухие места, влажные и даже переувлажненные. Большое значение имеет степень уплотнения складированного материала и покрывающего слоя земли, которые снижают возможность инфильтрации.

Ограничение нежелательных влияний при складировании коммунальных отходов

В принципе можно предотвратить множество нежелательных влияний на окружающее пространство тем, что для организованного складирования выбирается такое место, где угроза воде, безопасности ограничена благоприятными геологическими и территориальными условиями.

Согласно директиве 283/2001 Сб. з. для вновь построенных свалок нужно выдерживать установленные условия строительства свалок таким образом, чтобы после ее закрытия была достигнута защита почвы, поверхностной и подземной воды. Точно так же необходимо выполнять строительные и технические требования на строительстве свалок, установленные законом, чтобы как можно в меньшей мере они угрожали окружающему пространству (§ 26—28 заявления 283/2001).

Защиты подземной воды требует выполнения надлежащим образом уплотнения территории под свалку. Нельзя полагаться на то,

что последним покрытием земляного слоя будет ограничено поступление дождевых вод на свалку. Свалку необходимо разместить так, чтобы она не могла быть подмочена при повышении уровня подземных вод.

Уплотнять можно, например, слоем ила (должен быть до времени привоза отходов влажным), пленками из пластика. Пленки укладываются на слой песка и сверху должны быть защищены от разрывов слоем тонкого материала.

Уплотняющий материал укладывается с отлогим уклоном и заканчивается дренажом, выведенным к контрольному отверстию вне свалки. В контрольном отверстии после введения и закрытия свалки отслеживается проникновение через него вредных просачиваний.

Защиты поверхностных вод необходимо достигнуть обеспечением территории свалки отводом дождевых вод и исключением возникновения депрессии, где бы накапливались и всасывались дождевые осадки. Защищать окружающее пространство можно обычными способами, т. е. отводящими каналами, сборными формами в дерновых ваннах и т. п. К каналам желательнее подводить и дождевую воду, стекающую по поверхности законченной и рекультивированной свалки.

Чтобы предупредить смывание покрывающего свалку материала, необходимо его правильно уложить, уплотнить и немедленно засеять травой. Желательно использовать землю, устойчивую к эрозии, соответственно, при длинных склонах организовать временные или постоянные отводящие каналы.

Защиту от воспламенения метана, а также ферментационных газов необходимо обеспечить согласно геологической обстановке и продуманной технологии свалки. Метан взрывается при 5...15% смеси с воздухом. Непосредственно свалке опасность взрыва не грозит, так как содержание кислорода в свалке ничтожно, а в газах основным составляющим веществом является углекислый газ. Однако опасной является ситуация, если «организованная» свалка находится ниже уровня земли, причем стены выполнены из пропускаемых материалов. Имеются примеры сооружения свалок на выработанных котлованах песка, щебня и т. п., которые имеют слабо пропускающее ложе. Углекислый газ и метан при миграции растворяются в воде под влажным слоем земли. Метан не имеет запаха, может проникать на значительное расстоя-

ние до первых этажей зданий, кабельных траншей и т. д. Были зафиксированы взрывы даже на расстоянии нескольких сот метров от свалок.

В местах, где геологические условия создавали бы такую опасную ситуацию, необходимо уплотнить боковые стороны свалки в направлении, противоположном пропускаемым слоям почвы, и обеспечить отвод газов со свалки. Это можно осуществить с помощью частично пропускаемого покрытия или щебенчатого слоя вокруг свалки, как это видно на рисунке 2.74.

Если сопротивление этого слоя значительно ниже, чем сопротивление местной почвы, то не произойдет распространение газов на местности. Другое решение представляет собой уплотнение между складированными отводами и окружающей местностью. Обычно используется влажный ил толщиной слоя 0,5...1,1 м. Необходимо

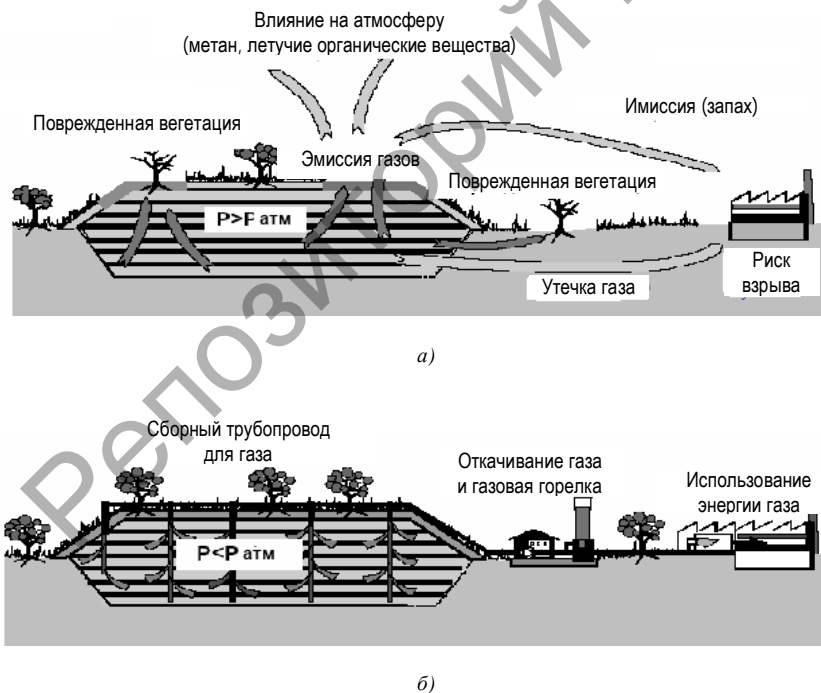


Рисунок 2.74 — Сравнение свалок без уплотнительного слоя (а) и с ним (б) [5]

при этом обратить внимание на то, чтобы ил оставался влажным и чтобы не был перемешан с отходами или пропускаемым слоем почвы во время постепенного повышения изоляционного слоя, следующего росту свалки. Гарантию, что по местности не будет распространяться метан, повышает комбинация обоих способов, т. е. отделение местной территории непроницаемым слоем, к которому прилегает щелочной фильтр. Были зафиксированы опасные случаи и аварии, главным образом, падение и повреждение рекультивированных растений, запах газа, проникающий при неудачной защите.

В настоящее время метан отводится сетью скважин, которые можно соединить сборным трубопроводом (рис. 2.75). В настоящее время, когда повышено внимание к использованию нетрадиционных видов энергии, производятся систематические проверки и оценки

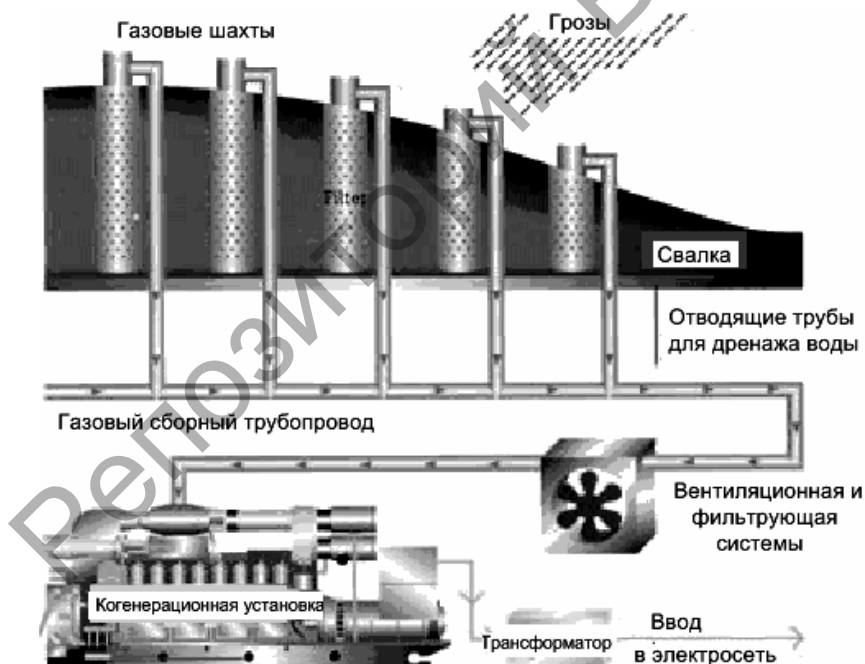


Рисунок 2.75 — Пример использования откачивания газа со свалки с последующим использованием его в когенерационной установке

свалок с точки зрения реализации преимуществ, когда газ собирается, чистится и используется (когенерационная установка фирмы *HOCHREITER*) (см. рис. 2.56).

Возникающие газы вырабатываются неравномерно, так как сами отходы являются негомогенными, проявляется нерегулярность в движении газов для анизотропии пространства. Это приводит к большому производству газа на окраинах свалки.

Невозможно однозначно определить, как долго будут вырабатываться газы, так как это зависит от состава отходов, величины и высоты свалки, находится ли свалка над или под уровнем местности пропускания покрывающего слоя и т. д. Удаление газа выполняется непосредственно прореженной крытой почвой, которая создает условия для хорошей диффузии воздуха к поверхностному слою, разбавление ферментационных газов и их уход в атмосферу. Однако этот вид покрывающей почвы неблагоприятно влияет на состояние свалки (просачивание воды и т. д.). Добавляются работы, связанные с необходимостью отсасывания газов, например, с помощью «газовых камер», которые находятся на глубине 3...6 м планово размещенного очага (2 × 2 × 2 м) грубого материала, например, щебня и т. п. Если после закрытия свалки образуются газы, то к этим камерам подводятся отводящие трубы, или в свалке высверливают отверстия диаметром около 1 м, в них вкладываются перфорированные трубы из пластика, и сверху отверстия уплотняются. Газы отсасываются при умеренном давлении через дренажные заслонки, установленные противоположно обратному ходу потока газа. Из этого газа можно получать отопительный газ, потому что водой можно отобрать углекислый газ и получить метан. Это позволяет подвести метан в городскую сеть, сжечь на свалке в горелках, в котле для производства тепла или в когенерационной установке для производства электричества и тепла. При складировании необходимо снижать пыльность, например, использованием малопыльных или увлажненных материалов для сбора отходов. На местах, где производится засыпка свалки, можно использовать средства против пыльности (например, раствор хлористого кальция). В местах, где возможны частые поездки транспорта, уместно положить панельные или сделать достаточно прочные дороги, которые снизят расходы на очистку транспорта перед въездом на городские дорожные коммуникации.

Против «летающих» бумажек необходимо периодически перемещать заборы с металлической сеткой, а также в эксплуатационных предписаниях нужно учитывать периодическую очистку окружающей местности.

Единственным надежным способом борьбы с грызунами является правильная эксплуатация и содержание свалки. При их размножении необходимо выполнять дератизацию.

Отпугивание птиц не является простым делом. Распугивание звуком (стрельбой или шумом из репродукторов) является довольно дорогим и при этом малозффективным.

Противопожарные мероприятия относятся к основным эксплуатационным действиям, так как случайные высыпания горючего материала могут привести к локальным пожарам, которые из-за перегрева могут распространиться на соседние ячейки. Поэтому водители бульдозеров и компакторов снабжаются противопожарными устройствами для ликвидации локальных пожаров.

Из всего количества отходов, произведенных в Словакии в 2001 г., без разделения на категории 24,1% (3 873 611,4 т) обезврежено складированием. Из этого количества обезврежено складированием 1 168 636 т коммунальных отходов, что представляет 65,42%. Складирование наиболее часто применяется не только для твердых коммунальных отходов, но и для отходов минерального происхождения (2 111 604,4 т) и ила с очистных сооружений (140 494,5 т) [61].

К концу 2000 г. в Словакии эксплуатировалась 141 свалка для отходов, в основном III категории. К 01.07.2000 г. закрыты 156 свалок с особыми условиями. В разной степени подготовки имеется почти 40 свалок отходов, большей частью регионального характера.

После переоценки свалок, согласно критериев Положения министерства коммунального хозяйства Словакии 283/2001 Сб. з. об исполнении некоторых постановлений Закона об отходах от 01.01.2002 г., в эксплуатации осталось 156 свалок отходов, из них:

- 20 свалок для инертных отходов;
- 120 свалок для неопасных отходов;
- 16 свалок для опасных отходов.

Не были классифицированы и были закрыты 16 свалок по причине их полного заполнения или невозможности подготовки свалки так, чтобы они соответствовали новым предписаниям для свалок, 7 свалок являются новыми (были введены в эксплуатацию в ходе второго полугодия 2001 г.).

2.5 Возможности использования газа со свалок

2.5.1 Процессы разложения в свалках

В свалках начинаются процессы разложения из-за возникновения твердых, жидких и газообразных продуктов в результате биохимических реакций, вызываемых в основном микроорганизмами. С помощью кислорода, а также и без кислорода в свалке происходят аэробные и анаэробные процессы. При аэробном процессе образуется углекислый газ и вода. Азотнокислые вещества окисляются на нитриты и нитраты. При анаэробном разложении из органических веществ возникают следующие соединения: метан, органические кислоты, азот, аммиак, сероводород, водород и углекислый газ [70].

Если состав отходов благоприятный, т. е. отходы содержат достаточно кухонных отходов, бумаги и органических веществ, то температура повышается в течение 4...6 недель на 60...65°C.

Теоретически из 1 кг органического углерода могло бы возникнуть 1,86 м³ смеси метана и углекислого газа, а это значит, что при почти 20% органического углерода в отходах может возникнуть почти 150 м³ газа. Однако в свалках происходят также реакции возникновения и других близких газов, обычно в количестве 50...120 м³ на 1 т домашних отходов [88].

Состав газов, возникающих в свалке, зависит от состава органической части отходов. В свалке возникает приблизительно 10...45% метана (при выдерживании правил сепарированного сбора увеличивается процент возникающего метана почти на 50...60%), который, с точки зрения энергетического использования, является наиболее важным. Излишки образуют углекислый газ, сероводород, окись углерода и другие газы, слишком мало замещаемые в произведенных газах [85].

2.5.2 Возникновение ферментационных газов

Ферментация — это процесс разложения органических веществ анаэробным способом с помощью термофильных бактерий. Процесс начинается гидролизом полисахаридов под действием целлюлоз, которые содержат термофильные бактерии. В последующем доходит до образования органических кислот и водорода ацетогенными

бактериями. От хода этой реакции зависит теплотворность биогаза. При метановой ферментации метан образуется из органических кислот и водорода [85].

Анаэробное разложение сырья происходит в две фазы:

- 1) ацидогенная фаза — продукция низших жирных кислот;
- 2) метаногенная фаза — образование метана из органических кислот, из CO_2 и H_2 .

Успех ферментации зависит от многих факторов, например, количество и тип органических веществ, отношение C/N, температура и др.

Установлено, что достаточно хорошо утрамбованные свалки высотой до 10 м и выше ферментируют значительно медленнее, чем аэробные (по существу, разлагающиеся отходы в малоуплотненных отвалах). После 15 лет устраняется лишь часть органических соединений, также сильно уплотненную свалку нельзя считать «созревшей» даже после 20 лет. Скорость «созревания» при этом также зависит от содержания воды, гнилостных бактерий (например, находящихся в очистных сооружениях), либо возврату просачиваемых вод, содержащих метановые и другие бактерии, которые ускоряют наступление производства углекислого газа и метана.

Состав возникающих газов зависит от состава органической части отходов (табл. 2.40).

2.5.3 Газ со свалок

Несмотря на все усилия использовать некоторые составные части коммунальных отходов, а излишки обезвреживать прежде всего сжиганием, удается предположить, что еще долгое время будет преобладать складирование отходов на свалки. В настоящее время в наших условиях складирования наиболее доступным и наиболее

Т а б л и ц а 2.40 — Производство углекислого газа (CO_2) и метана (CH_4) из 1 кг сухого сырья [85]

Сырье	CO_2	CH_4	Отношение CO_2/CH_4
Из углеводов	460	450	1:1
Из белков	515	550	1:1,06
Из жиров	450	1 100	1:2,45

эффективным методом является их ликвидация. С точки зрения безопасности и защиты окружающего пространства необходимо большинство свалок дегазировать, и газ со свалок использовать или обезвреживать.

В соответствии с § 27 пункт 7 и 8 Закона 283/2001, «свалочный» газ должен улавливаться со всех свалок отходов, на которые складывают биологически разлагаемые отходы. Улавливаемый газ со свалок должен быть обработан и использован для производства энергии, если же улавливаемый газ со свалок нельзя использовать для производства энергии, то его надо сжигать. Улавливание, обработку и использование газа со свалок нужно осуществлять способом, который минимизирует или не имеет негативного влияния на окружающее пространство и здоровье людей.

В коммунальных отходах и им подобных находится смесь минеральных и органических веществ с минимальной влажностью около 30%. Органические вещества, бумага, картон, текстиль, кожа, дерево и подобное образуют за определенное время под влиянием бактериального воздействия газ в свалке, который представляет собой смесь разных газов в зависимости от хода процессов разложения и состава уложенных отходов. В свалке происходят одновременно аэробные и анаэробные процессы разложения органической массы так, как это происходит в природе. Какой процесс имеет преимущество, зависит от состава уложенных отходов, содержания воды и способа их уложения на свалку. Тотчас после уложения отходов на просторы свалки наступает разложение органической массы в режиме постепенных фаз процессов, которые проявляются также в составе биогаза. Аэробное разложение органической массы сопровождается образованием CO_2 . Анаэробное разложение коммунальных отходов, которое встречается позже, образует CH_4 [5].

На процесс разложения и возникновение биогаза, кроме характера отходов, оказывает влияние влажность, температура и степень препятствия поступлению воздуха для осуществления анаэробной фазы разложения.

Количество и состав газовых эмиссий зависит от характера отходов, уложенных на свалку, и условий его укладывания. Среди наиболее значительных газовых эмиссий свалок, кроме углекислого газа и метана, имеются также окись азота, сернистый газ и галогеновые углеводороды. В отличие от других биогазов газ со свалки имеет повышенное содержание азота (N_2). Свалочный газ очень коррозионный, так как имеет большую концентрацию сероводорода (H_2S) (табл. 2.41),

Т а б л и ц а 2.41 — Средний состав газа со свалки [88]

Состав газа	Обозначение	Количество, %
Метан	CH ₄	40
Углекислый газ	CO ₂	36
Азот	N ₂	20
Кислород	O ₂	4
Сульфаты	Σ S	—
Хлориды	Σ Cl	22 мг / м ³
Флориды	Σ F	5 мг / м ³

причем содержание сероводорода, в сравнении с его концентрацией в газе из очистных сооружений, где содержание H₂S намного меньше, является значительно большим, чем в биогазе из сельскохозяйственных отходов, где содержание H₂S довольно мало.

Состав свалочного газа изменяется со старением свалки (рис. 2.76). Для типичного состава газа со свалки характерно 50% метана (табл. 2.42). Со старением свалки постепенной деструкцией разлагаемого материала биологическая активность свалки затихает (рис. 2.77) [87].

Т а б л и ц а 2.42 — Типичный состав газа со свалки [88]

Типичный состав газа со свалки	Интенсивность газовыделения, %		
	I	II	III
Метан (CH ₄)	65	50...45	25
Углекислый газ (CO ₂)	35	45...35	20
Азот (N ₂)	—	4...16	45
Кислород (O ₂)	—	1...4	10
Испарения (H ₂ O)	100	100	100
<p><i>Примечание.</i> I — естественное газовыделение со свалки; II — средняя вытяжка газа при хорошо уплотненной поверхности свалки; III — чрезмерное газовыделение и недостаточное уплотненное покрытие свалки.</p>			

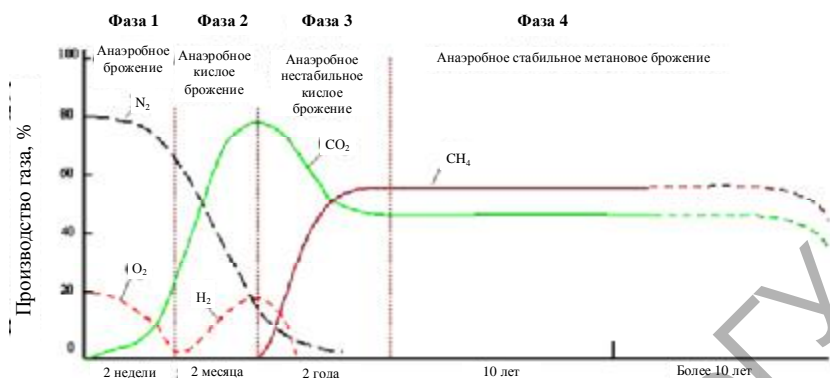


Рисунок 2.76 — Схема производства газа [88]

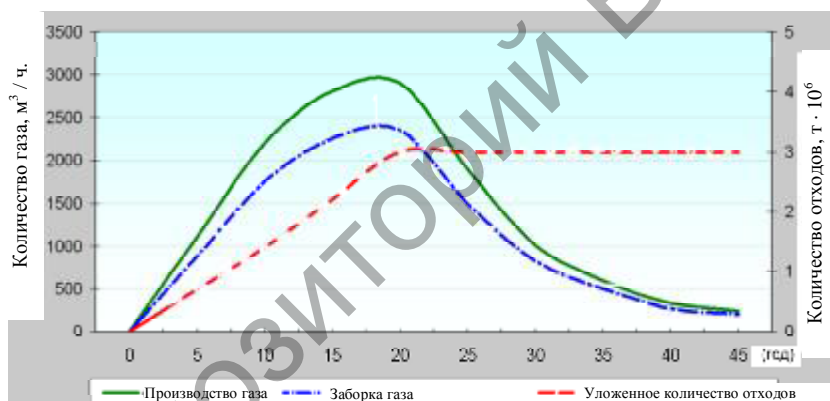


Рисунок 2.77 — Производство газа со свалки в течение 50 лет [88]

2.5.4 Использование газа со свалок в Словакии и Евросоюзе

Практический опыт использования газа со свалок в Словакии

Использование газа со свалок твердых коммунальных отходов на энергетические цели было представлено в Республике Словакии на свалке ТКО в Кошицах в районе Кошице—Мыслава [89]. Использование газа со свалок осуществлялось в 1996—1999 гг.,

хотя свалка ТКО в районе Кошице—Мыслава в эксплуатации с 1972 г. и эксплуатируется до сих пор. На этой свалке за время эксплуатации было уложено 2 600 000 т отходов. Свалка ТКО размещена в котловине и имеет следующие размеры [90].

- длина свалки 1 300 м;
- ширина свалки 30...40 м;
- высота уложенных отходов 20...40 м.

Весь объем свалки составляет почти $1,46 \cdot 10^6 \text{ м}^3$.

Попытки энергетического использования газа со свалки начали осуществлять с 1986 г. и sporadически продолжали до 1999 г. С внедрением устройств для улавливания газа со свалки его последующее использование в когенерационной установке началось в 1991—1992 гг. Постепенно была построена сеть для улавливания газа со свалки.

Устройство для улавливания газа со свалки состоит:

- из насосной станции с воздухопроводом ($2,8 \text{ м}^3$), до устья которого идут сборные и выходные трубы;
- сборного трубопровода общей длиной 854,1 м, диаметром 159 мм, к которому присоединены 27 выводов скважин, вертикально установленных вдоль всей свалки;
- анализатора кислорода, который блокирует накачивание при росте кислорода в газе со свалки выше 2% объема;
- выходного трубопровода длиной 900 м, диаметром 108 мм, с помощью которого подводится газ со свалки к потребителю (в данном случае — к когенерационной установке и к обогревающему котлу).

Насосная станция газа на свалке снабжена одним насосом мощностью $500 \text{ м}^3/\text{ч}$ со всасывающим разрежением 2 кПа и избыточным давлением 10 кПа.

Вся структура добычи газа со свалки была запущена для проверочной эксплуатации в 1995—1996 гг. Целью являлось использование газа со свалки в котельной теплового хозяйства Кошице для отопления и производства теплой бытовой воды для микрорайона «Лунник IX».

Доля метана в свалочном газе колеблется в пределах от 45 до 66% объема, причем газ со свалки можно плавно вычерпывать в количестве от 180 до $210 \text{ м}^3/\text{ч}$. Таким способом вычерпанный газ имеет теплотворность $20,748 \text{ МДж} / \text{м}^3$ [89].

Когенерационная установка G15 фирмы *Biogas, s. r. o. Bardejov* [90]. была введена в эксплуатацию в декабре 1996 г. Основным топливом

был газ со свалки, подводимый к центральной котельной, причем для когенерационной установки было построено специальное отделение. Когенерационная установка была предложена как единственный источник тепла для отопления административных зданий и для производства теплой бытовой воды. Электрическая энергия, выработанная в когенерационной установке, была использована на потребности свалки отходов (освещение зданий, свалки).

Используя свалочный газ, возникающий на свалках Словакии, в настоящее время работает свалка коммунальных отходов в Загорье, в которой при ежегодном складировании из уложенных отходов можно получить 21 582,1 т отходов, при этом минимальный объем свалочного газа — 2 589 850 м³/г., а максимальный объем — 6 474 629 м³/т.

Предполагается 50% улавливания и использования этого газа. Подобным образом проводятся расчеты и измерения с целью использования газа на многих других свалках, например, в Бардейове (район Лукавица), при городах Михаловце и Гуменне (район Мыслина).

Практический опыт использования газа со свалок в ЕС

В настоящее время в Чехии эксплуатируется 11 биогазовых станций, перерабатывающих фекалии животных на крупных животноводческих хозяйствах. Биогазовых станций, работающих на переработке коммунальных отходов или растительных отходов, в Чехии до 2001 г. не существовало.

Мотивацией для строительства биогазовых станций для переработки коммунальных отходов служит гарантированная покупная цена за электрический ток с биогазовых станций (почти 2,60 чешских крон за 1 кВт · ч), далее инвестиционная поддержка из государственного фонда окружающего пространства, включая невозвратные инвестиционные дотации для населенных пунктов и постоянно повышающиеся цены на переработку биоотходов в Чехии. В случае, когда целенаправленно используются тепло и произведенные компосты из биогазовых субстратов, экономическая эффективность вновь строящихся биогазовых станций гарантирована. Особенно эффективными ожидаются биогазовые станции, построенные при дегазированных свалках отходов, где можно использовать уже построенное газовое хозяйство когенерационных установок для производства электрического тока и тепла. При биогазообразовании коммунальных

отходов используется целый ряд технологических систем. Наиболее распространенным способом является коферментация, т. е. общая переработка коммунальных биоотходов от фекалий животных [5].

В Германии и Австрии работают с коферментационной технологией сотни биогазовых станций разной мощности и на различном технологическом уровне. Только в Австрии существует почти 80 биогазовых станций при очистных сооружениях в больших городах и почти 15 станций, использующих газ со свалок. Предполагается, что в будущем на свалках будет более 30...50% станций с потенциалом около 24 МВт [91]. В таблице 2.43 приведены типы биогазовых станций в Австрии, их мощность и количество выработанной энергии. Анализируя ее, видно, что биогазовые станции, вырабатывающие газ со свалки, поставляют в сеть почти 80% электрической энергии, которую сами вырабатывают.

Вблизи Зальцбурга находится биогазовая станция (как часть общего устройства) для переработки широкого спектра отходов и сточных вод. Снабжена системой Дранко и перерабатывает почти 20 тыс. т биоотходов от 200 тыс. граждан ежегодно. Биоотходы механически разделены, подогреты и биогазообразованы в полутвердой консистенции в биоферментаторе с объемом 1 800 м³. Биогазообразование биоотходов длится почти три недели. Из биоферментатора получается 350 м³ биогаза с 60% содержанием метана. Биогаз помещается в газгольдер объемом 2 500 м³ вместе с газом со свалки, получаемым со свалки коммунальных отходов и ила из очистных сооружений [91].

Наиболее совершенная биогазовая станция в Германии находится в Баварии, так называемом Ротхалер Модели, которая получила

Т а б л и ц а 2.43 — Число и мощность австрийских биогазовых станций в 1999 г. [91]

Тип станции	Число	Мощность, МВт	Производство, ГВт · ч / г	Продажа электричества, %
Сельскохозяйственная	100	5,0	21	60
Очистные сооружения	80	17,5	100	0
Свалки отходов	15	16,0	100	80
В С Е Г О	195	38,5	221	100

престижную награду на всемирной выставке в Ганновере. Устройства установлены в районах Ландау, Динголфинг и Роттал-Ин.

Устройства обладают мощностью 7 000 т ежегодно, инвестиционные расходы составляют почти миллион евро. Необычайно высокий выход биогаза (450 м^3 из 1 т биоотходов). Покупная цена электрического тока составляет 0,2 евро / кВт · ч, тепло используется зимой для отопления зданий и теплиц, летом для сушки сельскохозяйственных продуктов. Ежегодный доход с устройства составляет почти 150 000 евро, а это означает, что устройство начнет «зарабатывать» после семи лет эксплуатации.

Высокоэффективными являются двухступенчатые технологии биогазообразующих коммунальных биоотходов. Дотированным устройством с этой технологией является биогазовая станция в Кирштоке около Мнихова, перерабатывающая ежегодно 25 тыс. т домашних отходов от 280 тыс. граждан из населенных пунктов в районе Мнихова и 5 тыс. животноводческих отходов, плодов и овощей. Из 1 т отходов получается 100 м^3 биогаза, а из этого количества вырабатывается 198 кВт · ч электрической энергии и 348 кВт · ч тепла. Тепло служит для обогрева зданий и сушки песка для производства строительных масс на соседнем заводе. Технология полностью автоматизирована, всю работу осуществляют шесть работников. Переработанные биоотходы разрыхляются и смешиваются с процессной жидкостью, в ферментаторах первой степени происходит гидролиз в течение 4...8 дней. Далее идет разделение суспензии на сепарированный обезвоженный продукт, который компостирован, и растворение гидролизных продуктов, которые далее ферментированы в метановом реакторе с прочным дном, где постоянно находятся метановые бактерии. Выдержка жидкости в метановом реакторе происходит на протяжении двух дней. Большую скорость биогазообразования биоотходов и одновременно экономичную энергетическую эксплуатацию биогазовых станций в двухступенчатых технологиях допускают биоферментаторы с меньшим объемом [91].

В Дании в эксплуатации находятся 119 установок, вырабатывающих биогаз из животноводческих отходов, соответственно и других органических отходов. Современное производство биогаза в Дании составляет почти 2,4 ПДж / г., соответственно 0,66 ТВт · ч / г. (табл. 2.44). До 2005 г. было произведено 4...5 ПДж / г. Современный суммарный энергетический потенциал биогаза составляет 32 ПДж, из этого

Т а б л и ц а 2.44 — Биогазовые устройства и производство биогаза в Дании в 1997 г. [91]

Тип биогазового устройства	Число устройств	Производство, ТВт · ч / г.	Производство, ПДж
Очистные сооружения для канализации	64	0,18	0,680
Свалки отходов	10	0,17	0,622
Устройства для переработки промышленных отходов	5	0,04	0,150
Устройства для производства биогаза	20	0,26	0,941
Сельскохозяйственные фермы	20	0,01	0,032
И Т О Г О	119	0,66	2,425

количества 80% производится из животноводческих отходов (навоз, моча и подобное) [91].

Современное состояние производства и использования биогаза в Швеции приведены в таблице 2.45. Потенциальное энергетическое использование полученного биогаза до 2005 г. составляет 3 ТВт · ч / г., до 2020 г. — почти 5...6 ТВт · ч / г. [92].

В таблицах 2.46 и 2.47 приведен общий обзор производства биологически разлагаемых отходов (животноводческие отходы, ил канализации, органические коммунальные и промышленные отходы) в странах Европейского союза, а также возможный энергетический потенциал, полученного биогаза с перспективой до 2020 г. [92].

Т а б л и ц а 2.45 — Биогазовые устройства и производство биогаза в Швеции в 1997 г. [92]

Тип биогазового устройства	Число устройств	Производство, ТВт · ч / г.	Производство, ПДж
Очистные сооружения для канализации	134	0,18	2,92
Свалки отходов	59	0,43	1,55
Устройства для переработки промышленных отходов	8	0,09	0,32
Устройства для производства биогаза	4	0,02	0,07
Сельскохозяйственные фермы	6	< 0,01	< 0,04
И Т О Г О	211	0,73	4,90

Т а б л и ц а 2.46 — Количество биodeградационных отходов в 15 странах ЕС [92]

Страна	Животные экскременты			Плотность (населения), млн т	Производство коммунальных отходов		Сточные воды, млн т	Промышленные органические отходы, отходы разлагаемые менее 35% (100 кг/человек), млн т*
	Домашней птицы/целиком, млн т	Свиней целиком, млн т	Сумма, млн т		Совокупные отходы (450 кг / человек), млн т	Органические отходы, млн т		
Австрия	25	8,0	33	7,7	3,5	1,00	2,30**	0,80
Бельгия	35	14,0	49	9,9	4,5	1,30	0,70	1,00
Дания	22	22,0	44	5,1	2,3	0,70	1,30	0,50
Финляндия	14	3,0	17	5,1***	3,1***	0,70	0,10	0,50
Франция	211	26,0	238	56,5	25,5	7,60	0,60	5,70
Германия	167	51,0	218	62,7	28,2	8,50	1,80	6,30
Греция	6	3,0	9	10,0	4,7	1,40	—	1,00
Ирландия	66	3,0	69	3,5	1,6	0,50	0,60	0,40
Италия	80	15,0	95	57,6	25,9	7,80	3,40*	5,80
Люксембург	2	0,2	2	0,4	0,2	0,02	0,02	0,04
Голландия	48	28,0	77	14,9	6,7	2,00	0,30	1,50
Португалия	14	6,0	20	10,3	3,4***	1,00	—	1,00
Испания	53	37,0	89	38,9	17,5	5,30	10,00	3,90
Швеция	19	5,0	24	8,6	3,9	1,20	0,20	0,90
Англия	125	16,0	141	57,3	25,8	7,70	1,00	5,70
ИТОГО	887	237,2	1 125	348,5	156,8	46,90	22,32	35,04
<p><i>Примечание.</i> * Данные основаны на информации из Дании, Финляндии и Голландии. ** Данные 1994 г. *** Данные 1996 г.</p>								

Т а б л и ц а 2.47 — Предполагаемый энергетический потенциал биогаза в 2020 г. [92]

Страна	Совокупная биомасса, млн т	Суммарная энергия, полученная из биогаза, ТВт · ч / г.	Суммарная энергия, полученная из биогаза, ПДж
Австрия	36,10	6,1	22,0
Бельгия	52,00	8,8	31,7
Дания	52,50	8,9	32,0
Финляндия	18,50	3,1	11,3
Франция	251,90	42,7	153,7
Германия	234,60	39,8	143,2
Греция	11,40	1,9	7,0
Ирландия	70,50	11,9	43,0
Италия	112,00	19,0	68,3
Голландия	80,80	13,7	49,3
Португалия	22,00	3,7	13,4
Испания	108,20	18,3	66,0
Швеция	26,30	4,4	16,0
Англия	155,40	26,3	94,8
И Т О Г О	1 234,30	209,0	753,0

2.5.5 Наиболее часто применяемые формулы для расчета теоретического газа со свалки

На основе данных о химическом составе отходов, которые представлены в таблице 2.48, можно рассчитать приблизительное количество метана, полученного из отходов соответствующего состава. Наиболее применяемые формулы в этой области — это уравнения Г. С. Пейява и М. П. Бусвелла [93].

Т а б л и ц а 2.48 — Примерный химический состав ТКО [67]

Составная часть	Масса влажного образца, кг	Масса сухого образца, кг	Состав, кг					
			С	Н	О	N	S	A
Пищевые отходы	15	4,5	2,16	0,29	1,69	0,12	0,02	0,23
Бумага	45	42,3	18,40	2,54	18,61	0,13	0,08	2,54

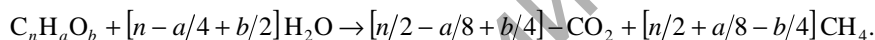
Окончание табл. 2.48

Составная часть	Масса влажного образца, кг	Масса сухого образца, кг	Состав, кг					
			С	Н	О	N	S	A
Картон	10	9,5	4,18	0,56	4,24	0,03	0,02	0,48
Пластик	10	9,8	5,88	0,71	2,23	—	—	0,98
Садовые отходы	10	4,0	1,91	0,24	1,52	0,14	0,01	0,18
Дерево	5	4,0	1,98	1,98	0,24	1,71	—	0,06
И Т О Г О	95	74,1	34,51	6,32	28,53	2,13	0,13	4,47

Уравнения Бусвелла

Простое уравнение Бусвелла построено по следующей схеме [5]:

Органическая масса + Микробиологическая активность = $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$;



Также, если известно эмпирическое уравнение субстрата, соответственно отходов, то путем подстановки относительных величин для n , a , b можно рассчитать количество получаемого метана из одной тонны органических, соответственно коммунальных отходов.

Использование простого уравнения Бусвелла включает следующие данные:

- при анаэробном разложении возникает лишь CH_4 и CO_2 , это не совсем соответствует характеристикам для емкостей по транспортировке отходов;
- в процессе разложения не действуют химические ингибиторы;
- всякие отходы минерализованы и не представляют собой не-деградационный материал;
- ни в одной части отходов не возникает микробиологический материал;
- никакая часть отходов не используется для возникновения микробиологической энергии.

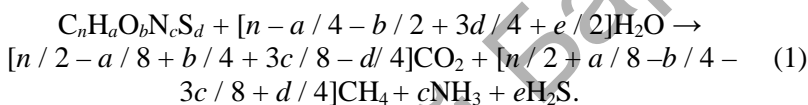
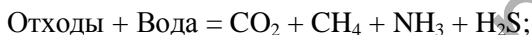
К недостаткам использования этого уравнения относятся следующие данные:

– необходимо наличие эмпирического образца отходов, соответственно их элементного анализа, поскольку уравнение состава отходов может быть различным для разных свалок отходов и для разных мест на той же самой свалке;

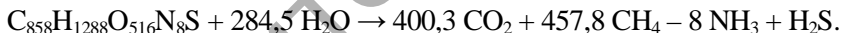
– не учитываются физико-химические переменные (давление, температура, плотность слоев отходов, производство просачиваемых жидкостей и др.).

Расширенное уравнение Бусвелла

Это уравнение построено по следующей схеме [5]:



В качестве примера можно привести пример разложения сухих отходов, эмпирический образец которых рассчитан из химического анализа. Согласно *EMCON Associates* (1981), после подстановки в уравнение (1), получим:



Также из одной тонны сухих отходов может возникнуть $516,4 \text{ м}^3 \text{CH}_4$.

Уравнение Пейва

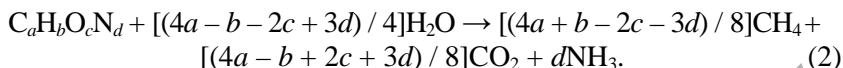
Анаэробное разложение (выгнивание), как было показано ранее, — это процесс использования для производства метана твердых и жидких отходов (описан в литературе [93]). Рассчитывается с помощью следующего уравнения:



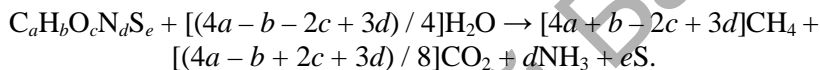
где $s = a - nw - m$;

$$r = c - ny - 2s.$$

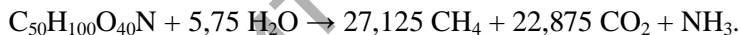
Термины $C_aH_bO_cN_d$ и $C_wH_xO_yN_z$ представляют молярную основу состава материала в начале и конце процесса разложения отходов [93]. Разложение стабилизированных отходов описывается уравнением:



Также, если известно эмпирическое уравнение субстрата, соответственно отходов, которые содержат серу, подстановкой относительных величин для a, b, c, d, e можно рассчитать количество полученного метана из одной тонны органических коммунальных, соответственно промышленных отходов из уравнения:



В качестве примера можно привести процесс разложения коммунальных отходов, эмпирический образец которого рассчитан из химического анализа. Согласно *EMCON Associates (1981)* [94], после подстановки в уравнение (2) получим:



Также из одной тонны коммунальных отходов с предложенным химическим составом может возникнуть $447,2 \text{ м}^3 \text{ CH}_4$.

2.6 Экологические аспекты использования биогаза, а также природного газа в Словакии

Истоки современного загрязнения воздушного пространства Словакии берут начало с момента зарождения индустриализации после 1948 г. Современное состояние является результатом:

- экстенсивного развития словацкой экономики;
- неудачной структуры, размещения и отсталости промышленности;

- низкого подведения энергии и сырья;
- недостатков в эксплуатации и технологической дисциплине и других воздействий [95].

Исключительное расчленение словацкой земли ухудшает природный разброс вредных веществ. Земля Словакии, между прочим, является одной из наиболее пострадавших земель трансграничным переносом загрязнений в Европе [95], причем, наиболее загрязнено в настоящее время воздушное пространство. В таблице 2.49 приведен пример загрязнения воздушного пространства развитых стран ЕС, а именно Голландии в 1996 г. (подобные оценки действительны и для посткоммунистических государств) [96].

В таблице 2.50 приведены данные за последние годы в Словакии по основным загрязняющим веществам в тысячах тонн [97].

Т а б л и ц а 2.49 — Основные загрязнители и загрязняющие вещества воздушного пространства, % [96]

Загрязняющие вещества	SO ₂	ТЗВ	NO _x в пересчете на NO ₂	Углеводород	CO	Суммарная эмиссия
Транспорт	3,4	9,4	54,6	33,0	65,0	47,0
Потребление предпринимателей	9,3	9,2	3,7	32,4	51,0	16,3
Энергетика	62,1	21,7	27,7	0,6	0,4	17,5
Промышленность	25,2	59,7	14,0	28,0	13,6	19,2
В том числе химическая промышленность	4,3	2,9	2,6	3,1	0,9	2,1
Суммарная эмиссия, млн т.	3,0	0,7	3,1	1,6	8,2	16,6

Т а б л и ц а 2.50 — Увеличение эмиссии основных загрязняющих веществ, тыс. т [97]

Загрязняющее вещество	Год		
	1990	1995	1998
SO ₂	538,977	236,386	178,780
ТЗВ	299,368	88,978	57,508
NO _x	226,739	180,950	127,844
NO	488,698	404,639	312,889

Из таблицы 2.50 видно снижение производимой эмиссии в Словакии.

Энергетика является отраслью, которая использует знания технологии газовых топлив. Газовые соединения и смеси газов являются одним из основ мировой экономики. Одной из главных задач энергетики как промышленной отрасли является снабжение хозяйств энергетическими газами. Если это так, то условием человеческого существования и промышленной цивилизации в XXI в. будут пища, энергия, вода, а также газовые топлива, представленные главным образом природным газом, играющим решающую роль во временном горизонте до 2050 г., как носителя энергии, сырьевой базы для синтеза химических продуктов.

Ключевое значение и преимущество природного газа, главной составной частью которого является метан (причем подобное имеется и в биогазе), на мировом рынке ископаемых топлив заключается:

- в высокой доле водорода, а также в отношении Н/С;
- низкой доле балластных веществ (азота, CO_2);
- хорошей транспортабельности и складировании;
- простом регулировании мощности и хороших горючих свойствах [54].

С точки зрения защиты окружающего пространства повышается опасение климатологов перед так называемым парниковым эффектом в верхних слоях атмосферы, где некоторые вещества поглощают инфракрасное излучение, испускаемое земной поверхностью. Среди многих источников почти 50% участвуют в парниковом эффекте CO_2 , который является продуктом сгорания ископаемых топлив (угля, нефти и природного газа). В отношении химического состава (содержания водорода) в ископаемых топливах при сгорании природного газа и биогаза возникает относительно низкое количество CO_2 (табл. 2.51) [98].

Т а б л и ц а 2.51— Эмиссия CO_2 , возникающая при сгорании ископаемых топлив [98]

Топливо	Эмиссия CO_2 , т CO_2 / т топлива	Эмиссия CO_2 , кг CO_2 / ГДж	Средняя теплотворность, МДж / кг
Неочищенные угли	1,139	100,6	10
Бурый уголь	1,542	87,6	15

Окончание табл. 2.51

Топливо	Эмиссия CO ₂ , т CO ₂ / т топлива	Эмиссия CO ₂ , кг CO ₂ / ГДж	Средняя теплотворность, МДж / кг
Черный уголь	2,250	77,8	25
Топливное масло	3,172	75,2	40
Бензин	3,110	72,1	45
Биогаз	2,010	61,3	25
Природный газ	1,980	59,4	34

В таблице 2.52 приведено влияние содержания метана на теплотворность биогаза. Из таблицы вытекает, что содержание метана в биогазе сильно влияет на его возможности использования из-за изменения его теплотворности.

Нанесению ущерба окружающему пространству парниковым эффектом значительно способствует также и эмиссия метана, так как действие 1 моли метана на создание парникового эффекта равносильно действию 28 молям оксида углекислого. Лишь 20% метана, попадающего в воздушное пространство, происходит из ископаемых топлив (при добыче природного газа, карбонского газа). Главными источниками метана в атмосфере являются биологические процессы разложения растений во влажных областях (в болотах, в тундре), рисовые поля, свалки отходов и ферментационные процессы при выпасе крупного рогатого скота. И как раз здесь наиболее эффективным способом его устранения является его энергетическое использование посредством когенерационных установок.

Т а б л и ц а 2.52 — Влияние содержания CH₄ на теплотворность биогаза [98]

Содержание CH ₄ , %	Теплотворность, МДж / м ³
100	35,8
80	28,6
67	24,0
55	19,7

Ограничение эмиссии CO₂ можно достичь преимущественно ограничением потребления энергии, повышением доли природного газа в процессах горения и более широким внедрением ядерной энергетики. Необходимо принимать во внимание тот факт, что при сжигании ископаемого топлива, которое содержит, кроме угля и водорода (табл. 2.53), другие составляющие: пыль (пепел), оксиды серы и азота, полиароматические углеводороды, оксид углекислый и др., происходит загрязнение окружающего пространства [70; 99]. В процессе сгорания наиважнейшим источником эмиссии угля и их наименее напряженным источником в отношении эмиссии является природный газ, а также биогаз (табл. 2.54).

Т а б л и ц а 2.53 — Химический состав некоторых ископаемых топлив, % [99]

Составляющий элемент топлива	Вид топлива			
	Уголь	Топливное масло	Природный газ	Биогаз
C	40,00...85,00	85,00...88,00	60,00...70,00	40,00...55,00
H	4,00...6,00	11,00...13,00	15,00...22,00	10,00...17,00
S	0,50...4,00	0,01...1,70	—	0,10...0,70
N	0,50...5,00	0,10...1,70	—	< 20
O	5,00	1,00	2,00...3,00	< 2
Хлориды	0,30	—	—	—
Фториды	0,04	—	—	—
Пепел	5,00...16,00	0,01...0,15	—	—
Вода	3,00...20,00	0,01...0,50	—	—

Т а б л и ц а 2.54 — Величины отдельных эмиссий, возникающих при сгорании ископаемых топлив [99]

Вид топлива	Состав топлива				
	SO ₂ , мг / МДж	ТЗЛ, мг / МДж	NO _x , мг / МДж	CO ₂ , г / МДж	CO, мг / МДж
Дерево	30,00	75,00	108,00	106,00	600,00
Бурые углие	1 500,00	620,00	210,00	95,00	3 200,00

Окончание табл. 2.54

Вид топлива	Состав топлива				
	SO ₂ , мг / МДж	ТЗЛ, мг / МДж	NO _x , мг / МДж	CO ₂ , г / МДж	CO, мг / МДж
Черные угли	950,00	360,00	300,00	97,00	1 850,00
Топливное масло	1 100,00	62,00	240,00	75,00	45,00
Светильный газ	1,70	20,00	256,00	64,00	35,00
Природный газ	0,04	8,80	111,00	56,00	30,00
Биогаз	0,55	9,50	93,00	68,00	37,00

Европейская комиссия поставила задачу: к 2020 г. использовать альтернативные источники энергии как минимум в 10% транспортных средств; есть также промежуточная цель: в 2010 г. — в 5,75%.

В ноябре 2007 г. в Великобритании было создано Агентство по возобновляемому топливу (*Renewable Fuels Agency*), которое должно контролировать введение требований к использованию возобновляемого топлива. Председателем комитета стал Эд Галлахер (Ed Gallaher), бывший исполнительный директор Агентства по окружающей среде [99].

Дебаты по поводу жизнеспособности биотоплива на протяжении 2008 г. привели к повторному всестороннему исследованию проблемы комиссией, возглавляемой Галлахером. Было рассмотрено косвенное влияние использования биотоплива на производство пищевых продуктов, разнообразие выращиваемых культур, цены на продовольствие и площадь сельскохозяйственных земель. В отчете предлагалось снижение динамики внедрения биотоплива до 0,5% в год. Цель (в 5%-е снижение) должна быть достигнута не ранее чем в 2013-2014 гг., на три года позже, чем было изначально предложено. Более того, дальнейшее внедрение должно быть сопряжено с обязательным требованием к компаниям применять новейшие технологии, ориентированные на топливо второго поколения. По оценкам *Merrill Lynch*, прекращение производства биотоплив приведет к росту цен на нефть и бензин на 15% [100].

По оценкам Стэндфордского университета, во всем мире из сельскохозяйственного оборота выведено 385...472 млн га земли [101]. Выращивание на этих землях сырья для производства биотоплив позволит увеличить долю биотоплив до 8% в мировом энергетическом балансе. На транспорте доля биотоплив может составить от 10% до 25% .

Так, 1 января 2009 г. в России введен в действие ГОСТ Р 52808-2007 «Нетрадиционные технологии. Энергетика биоотходов. Термины и определения». Приказ № 424-ст о введении стандарта был утвержден Ростехрегулированием в 2007 г. Стандарт разработан Лабораторией возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. Он устанавливает термины и определения основных понятий в области биотоплива с упором на жидкие и газообразные виды топлива.

В Европе с 1 января 2010 г. действует единый стандарт на биотопливо *EN-PLUS*. Члены специальной группы Еврокомиссии «Чистая транспортная система» уже два года работают и, что самое важное, будут намерены реализовать крупномасштабную программу по сокращению выбросов углерода в атмосферу. Проекты вносятся в книгу «Белая транспортная книга» и каждый год дополняются новыми документами и предложениями. В итоге все они отражают стратегию преобразователей Европы. Цель поставлена довольно амбициозная: к 2050 г. снизить выбросы углерода в атмосферу на 80...90%. Так как главное топливо, которое сегодня обеспечивает транспортные средства, — это почти 100% бензин, чтобы очистить Европу от углерода, придется почти полностью убрать машины с привычными бензиновыми двигателями с улиц Европы. Это и предлагается в документе: «Ни одной машины с традиционным двигателем на улицах Европы к 2050 г.» [19]. Кроме этого, 40% авиационного транспорта предлагается перевести на низкоуглеродное топливо, а морскому транспорту снизить выбросы парниковых газов на те же 40%.

Разработчики концепции полагают, что можно снизить содержание углерода в атмосфере, пересадив половину пассажиров внутри городов с автомобильного транспорта на железнодорожный (в том числе монорельсы) и таким же образом поступить с половиной международных грузоперевозок на средние расстояния. Итак, разработчики проекта планируют не только значительно сократить вредные выбросы в атмосферу, но и уменьшить на 60% зависимость Европы от импорта нефти, что тоже немаловажно. «Защита климата и энергетическая безопасность — обе эти цели требуют перестройки: нужно построить свободную от нефти и, в более широком смысле, свободную от парниковых выбросов, энергетическую систему. Это планы до 2050 г.», — говорится в инициативном документе «Чистой транспортной системы» [19].

Биотопливо — это широкий спектр видов топлива, которые получены из биомассы [5]. Этот термин охватывает твердую биомассу, жидкое топливо и различные биогазы. Биотопливо применяется для заправки автотранспорта (рис. 3.1; 3.2)



Рисунок 3.1 — Автобус, работающий на биотопливе [102]



Рисунок 3.2 — Заправка автомобиля биотопливом [103]

Инвестиции в производственные мощности биотоплива превысили в 2007 г. 4 млрд дол. США по всему миру и продолжают расти [5].

3.1 Технологии производства биотоплива для транспорта

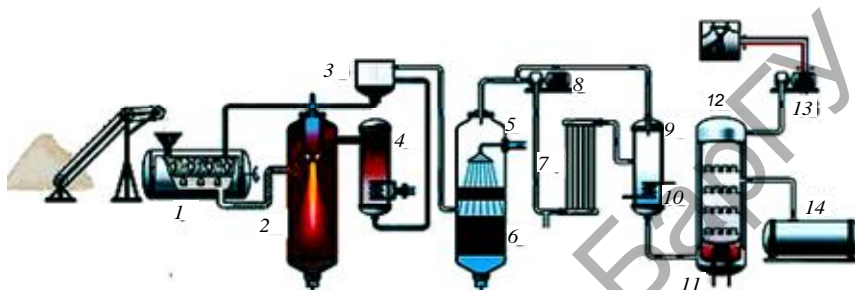
Существует несколько технологий производства биотоплива. Одна из них — это переработка сельскохозяйственных отходов в топливо. Сырьем для этого процесса могут служить и куски древесины, и солома, и навоз. Производство именно такого топлива, получившее название *SunDiesel* [103], начала немецкая химическая компания *Choren Industrieries* [104] при поддержке концернов *DaimlerChrysler* и *Volkswagen*.

После сушки отходы нагреваются до 400...500°C, выделившийся газ проходит ряд превращений в присутствии катализатора, и на выходе из реактора получается дизельное топливо без содержания серы и других вредных примесей. Кроме того, биодизельное топливо нейтрального по выбросу CO₂ в окружающую среду: при его сгорании в атмосферу возвращается та углекислота, что была поглощена растениями при их росте.

Чистота такой биосолярки тоже играет положительную роль. Испытания показали, что она позволяет выполнять нормы токсичности Евро 4 даже тем двигателям, которые рассчитаны только на Евро 3. Правда, пока литр «солнечной» солярки дороже обычной. По оценкам авторов проекта, нынешние возможности сельского хозяйства Европы способны обеспечить таким топливом от 50 до 80% всех легковых дизелей.

Еще один способ получения биологического дизельного топлива — растительное сырье, идея получать его из растительного сырья была озвучена еще Рудольфом Дизелем. В 1900 г. он даже продемонстрировал двигатель, работающий на горючем из арахисового масла. Основой для биодизельного топлива служат различные компоненты, чаще всего соя, рапс, хлопок, а в последнее время ятрофа (это южноамериканское растение еще называют бутылочным деревом). В процессе производства «биодизеля» из сырья выжимают масло, очищают от вкраплений; полуфабрикат нагревают, охлаждают и дистиллируют.

Технология в общих чертах такова (рис. 3.3): семена растений проходят через маслобойку, в которой масло отделяется от шрота (отходов маслоэкстракционного производства). Затем масло смешивают с метанолом, применяя в качестве катализатора метоксид натрия. Полученную смесь очищают и получают горючее готово.



- 1 — низкотемпературный газовый генератор; 2 — высокотемпературный реактор;
 3 — пылевой фильтр; 4 — теплообменник; 5 — подача воды; 6 — сепаратор;
 7 — многотрубный реактор; 8 — газовый компрессор; 9 — конденсатор;
 10 — система охлаждения; 11 — нагреватель; 12 — дистилляционная емкость;
 13 — газовый электрогенератор; 14 — резервуар с готовым топливом

Рисунок 3.3 — Технологическая схема производства «биодизеля» [103]

В настоящее время наиболее предпочтительным сырьем для производства биодизеля является рапс, который растет, как сорняк. Урожайность рапса достигает 20...25 ц с гектара. Но пока его только добавляют в дизельное топливо, поскольку рапсовое масло в чистом виде как топливо не используется. Из-за более высокой вязкости (почти в 20 раз выше по сравнению с дизельным горючим) требуется другая топливная аппаратура и изменение камеры сгорания. Масло смешивают с метанолом и получают метиловый эфир, иначе называемый маслометанольная смесь. Из тонны получается 350 кг такой смеси. Для получения биодизеля в солярку добавляют 30% маслометанольной смеси. Вместо ядовитого метилового спирта рапсовое масло можно смешивать с этиловым (пищевым) спиртом. Надо заметить, что в ходе переработки масла в биодизель получают ряд дополнительных полезных продуктов (например, глицерин, сульфат калия).

Преимущества данной технологии:

1. Экономичность. В странах, в которых отсутствует нефть или ее очень мало, выгодно получать биотопливо из растений, растущих в данном регионе, чем покупать нефть, что также обеспечивает энергетическую независимость.

2. В биодизеле практически не содержится серы и канцерогенного бензола. Разложение биодизеля происходит в естественных условиях без вреда для окружающего пространства, в процессе сгорания в двигателе выбросы в атмосферу CO₂ на 50...80% ниже, чем при работе на традиционном минеральном дизтопливе.

3. В связи с тем, что цетановое число биодизеля достигает 58, это топливо обладает хорошей воспламеняемостью, тогда как для традиционной солянки цетановое число не превышает 52. Другими словами, зажечь биодизельное топливо легче, но, к сожалению, сгорает оно с меньшей теплоотдачей (табл. 3.1).

4. Сырье возобновляется ежегодно; в процессе выращивания культура не требует особого ухода.

5. В процессе переработки масла получают дополнительные продукты (глицерин, сульфат натрия).

Недостатки:

1. Себестоимость производства биодизеля выше, чем бензина и дизтоплива (на сегодняшний день).

2. Для выращивания зеленой массы требуются дополнительные площади сельскохозяйственных земель.

Т а б л и ц а 3.1 — Некоторые характеристики минерального дизтоплива и биодизеля [103]

Показатель	Вид топлива	
	Минеральное ДТ	Биодизель
Цетановое число	42...52	47...58
Температура застывания, °С	-10	-9
Содержание серы, %	0,2	—
Зольность, %	0,03	—
Вязкость при 20°С, мм ² / с	3,8	7,5
Теплотворная способность, кДж / кг	42 000	37 000

3. Эфиры рапсового масла обладают значительной коррозионной активностью, что приводит к потере стойкости резиновых прокладок и сальников, образованию твердых отложений в форсунках и жиклерах, засорению топливных фильтров и отказам насосов высокого давления.

4. Содержание NO_x в выхлопе биотоплива, в сравнении с обычным дизельным топливом, на 10% больше, а в ходе эксперимента инженеры *Volvo* доказали, что эта разница может достигать 40% [105].

5. В борьбе с токсичностью происходит потеря мощности двигателя, что может быть компенсировано большим расходом топлива.

Технологии развиваются. Так, норвежские компании-производители газетной бумаги, планируют построить в течение пяти-шести лет завод по переработке древесных опилок и получать чистую «биосолярку» нового поколения. Оригинальное направление выбрали американские ученые из университета Айовы, намеревающиеся привлечь нанотехнологии. Они предложили использовать мельчайшие частицы (наносферы), которые отличаются пористой структурой. В ходе химической реакции катализатор заполняет поры, что ускоряет процесс, а необходимая процедура очистки становится лишней.

3.2 Синтетическое горючее

Третий вид биологического топлива — *синтетическое горючее*. Современные технологии переработки углеводов позволяют производить синтетическое дизельное топливо и синтетический бензин. В качестве сырья используются отходы деревообрабатывающей промышленности, сельского хозяйства и даже бытовой мусор. Особенности разработанных технологических процессов заключаются в том, что из одного и того же сырья могут получаться различные виды топлива. Еще во время Второй мировой войны немцы пытались избежать зависимости от нехватки нефти. С помощью синтеза Фишера-Тропша они добывали из каменного угля синтетическое топливо. Уголь измельчали, помещали в воду и нагревали до 800°C , после чего проводили каталитическую реакцию и конденсировали газообразные углеводороды в ректификационной трубе.

Во время войны ездили также грузовики на дровах. Дрова, сгорая в условиях высокой влажности и недостатка кислорода, выделяли «синтезгаз», который и приводил в движение дизельные моторы. Но после войны производство заморозили из-за нерентабельности: нефть тогда была дешевой. Первое в мире синтетическое дизельное топливо (в 2003 г.) разработала корпорация *DaimlerChrysler*. Новое топливо, которое разработчики назвали *BIOTROLL*, производится из древесных отходов, а при его сгорании в атмосферу вообще не выбрасывается углекислый газ [103]. Биотопливо можно смешивать с обычной соляркой, улучшая экологические показатели дизельных двигателей. Однако пока не получены точные данные о том, возможна ли эксплуатация современных дизельных двигателей только на новом виде топлива без проведения каких-либо доработок.

Первая заправка, на которой можно пополнить баки новым топливом, начала функционировать в Штутгарте. *Super E10* — это новый вид бензина, в котором содержание биоэтанола увеличено вдвое [106]. Причиной являются экологические и экономические соображения. Однако экологи и экономисты протестуют, а для многих моторов *Super E10* губителен. Чистого бензина в Германии и других странах ЕС нет уже давно. До 1 января 2011 г. самым дешевым бензином был *Super*, он же «95-й бензин». Только любознательные знали, что он содержит 5% биоэтанола, как, впрочем, и все другие сорта бензина. Теперь вместо *Super* по решению Евросоюза будет продаваться *Super E10*. Буква «Е» говорит, что к бензину *Super* подмешан этанол, точнее, биоэтанол. Цифра «10» означает, что этанола в горючем — 10%, т. е. вдвое больше, чем прежде. Биоэтанол — это вид спирта, который получают из сахарного тростника, сахарной свеклы, кукурузы, зерна, т. е. из растительных веществ, содержащих сахар и крахмал.

Увеличение концентрации этанола проведено по решению Еврокомиссии и преследует две цели — экологическую и экономическую.

Super E10 должен помочь снизить вредоносность выхлопных газов, поскольку при сгорании этанола в атмосферу выбрасывается лишь то количество CO_2 , которое было поглощено растениями, пока они росли. Кроме того, использование *Super E10* призвано снизить расход нефти в Евросоюзе.

К 2020 г. «озелененное» топливо должно составлять 10% горючего, потребляемого в ЕС.

Общегерманский автомобильный клуб (ADAC) критикует поставщиков горючего за то, что те извратили требование законодателей, не желающих, чтобы *Super E10* был дороже бензина, содержащего 5% биоэтанола. Поставщики оставили на рынке лишь самый дорогой сорт пятипроцентного топлива *Super Plus*. Как бы то ни было, заправка стала дороже. К тому же следует помнить, что этанол энергетически менее эффективен, чем традиционный бензин, а потому расход топлива увеличивается в среднем на 3%.

Европейская комиссия обратилась к промышленности, правительствам стран ЕС и негосударственным организациям с предложением ввести схемы сертификации для всех типов биотоплива, в частности для биотоплива, импортируемого в ЕС. Она определила критерии, по которым эти схемы сертификации будут признаваться Еврокомиссией. Комментируя событие, Гюнтер Эттингер, комиссар по энергетике, отметил: «В течение последующих лет биотопливо станет главной альтернативой бензину и дизелю, используемым в транспорте и вызывающим 20% выбросов парниковых газов в ЕС. Мы должны гарантировать, что используемое нами биотопливо является сбалансированным и гармоничным с окружающей средой. Наша схема сертификации является самой строгой в мире; она сможет гарантировать, что наше биотопливо соответствует самым высоким стандартам защиты окружающей среды. Она позитивно скажется и на других регионах, поскольку касается также импортируемого биотоплива» [19]. Такие меры позволят выполнить требования ЕС, согласно которым биотопливо должно привести к существенному уменьшению выбросов парниковых газов и одновременно не должно производиться из сырья, добываемого в лесах, на болотистых территориях. Правила схем сертификации являются частью комплекса норм, объясняющих, как необходимо выполнять Директиву о возобновляемых источниках энергии, которая вступила в силу в декабре 2010 г. Пакет принятых документов состоит из двух Сообщений Еврокомиссии и одного Решения [19]. Они должны помочь бизнес-игрокам и государствам-членам ЕС имплементировать Директиву о возобновляемых источниках энергии. В документах сделан акцент на критериях определения уровня гармоничности биотоплива с окружающей средой. Согласно Директиве о возобновляемых источниках энергии, принятой в 2009 г., планируется к 2020 г. довести долю возобновляемой энергетики до 20% всего

потребления энергии в ЕС. Нормы этой директивы были трансформированы в конкретные для каждого государства ЕС. Каждое государство-член ЕС должно достичь определенной национальной планки, определяющей долю возобновляемой энергетики в ее энергетической структуре. Кроме этого, в транспортном секторе все государства ЕС должны достичь одной и той же планки — 10% возобновляемых источников [19].

К возобновляемым источникам энергии относятся: твердая биомасса, энергия ветра, солнца, воды, а также биотопливо. Лишь те виды биотоплива, которые соответствуют требованиям гармоничности с окружающей средой, считаются возобновляемыми источниками и зачисляются в число целей Директивы [19]. Из всех методов, которые предлагаются автомобильной промышленностью для решения проблемы выбросов в атмосферу углекислого газа, использование биотоплива представляется наиболее сложным. Репутация биотоплива, как волшебного средства от парниковых газов, выросла от недостаточного внимания, уделяемого сложным процессам производства биотоплива и сырью, из которого оно производится. Им, к примеру, может быть использованное в приготовлении пищи растительное масло. В любом случае, правда состоит в том, что различные виды биотоплива являются чрезвычайно разными с точки зрения их воздействия на природу и других свойств, которые могут влиять на их применение.

На самом деле уже сейчас становится ясно, что повсеместное нерегулируемое использование биотоплива может привести к многочисленным выходам из строя двигателей автомобилей и огромному объему расходов производителей по предоставляемым гарантиям. Недостаток механизмов и возможностей регулирования использования различных видов биотоплива может привести к тому, что наряду с сокращением выбросов углекислого газа, некоторые из них могут привести к загрязнению окружающей среды другими, не менее опасными веществами, стандартов по которым пока нет. Проблема в том, что бензин и дизельное топливо представляют собой два совершенно конкретных продукта, производящихся во всем мире в соответствии со строгими международными стандартами, тогда как термин «биотопливо» имеет довольно расплывчатое значение, не относящееся конкретно к одному или двум видам топлива. Биотопливом называют в наше время любое топливо, произведенное

из материалов растительного или животного происхождения (рис. 3.4). Различные современные виды биотоплива представляют собой смесь этанола и бензина, а также масла, используемые или в смеси с дизельным топливом, или даже вместо последнего. В Европе бензин и дизельное топливо могут содержать до 5% таких биологических добавок: это не считается нарушением стандартов, и не приводит к негативным последствиям для обычных автомобильных двигателей. Однако далее



Рисунок 3.4 — Сырье для получения биотоплива [103]

ситуация становится куда более сложной. Каждое семейство биотоплива производится с применением совершенно отличных друг от друга технологий. Несмотря на давно и активно ведущуюся работу в этом направлении, до сих пор не существует стандартов как на сами различные сорта биотоплива, так и на используемое сырье и на производственные процессы. Этанол сам по себе является стандартным веществом, имеющим широчайший спектр применения, и процессы его производства из большого количества видов сырья стандартизированы. Тем не менее, способов его использования в качестве компонента биотоплива может быть множество. На практике это может означать, что разные производители, скажем, биодизельного топлива, будут продавать под одним и тем же названием топливо с довольно сильно различающимися физическими и химическими характеристиками, не говоря уже о содержащихся в этих продуктах потенциально опасных веществах. Глава отдела инженерии и технологий исследовательского центра *Ricardo* А. Джонсон описывает ситуацию следующим образом: «Не все виды биотоплива одинаковы» [107]. На самом деле они настолько различны, что эта разница может создать чрезвычайно серьезные проблемы для разработчиков двигателей и компаний, которые занимаются топливом на этапе после производства. Анжела Джонсон входит в группу специалистов исследовательского центра *Ricardo*, перед которой была поставлена задача держать руку на пульсе событий, имеющих отношение к биотопливу, собирая, систематизируя и предоставляя информацию, результаты анализа и рекомендации множеству производителей автомобилей и компонентов для них.

«Отчасти, моя роль состоит в рассмотрении проблем биотоплива со стратегической точки зрения, — говорит она. — Нас интересуют рынки, последствия внедрения биотоплива, разница между различными его видами, в особенности касающиеся качества, технологические процессы, проблемы, с которыми сталкиваются автопроизводители, вопросы, связанные с качеством, доступностью и спектром видов сырья для производства биотоплива. Мы также интересуемся проблемами, стоящими перед потребителями ввиду большого количества различных видов биотоплива и недостаточной подготовленности основной части автомобильного парка к их использованию. Основной вопрос в глобальном плане состоит в том, как мы, в конце концов, будем использовать биотопливо на практике, и окажется ли данный подход к решению проблем загрязнения окружающей среды достаточно эффективным, чтобы вкладывать в него столь большие средства, усилия и время?» [107]. Проблема внедрения биотоплива в повседневную практику носит двоякий характер. Во-первых, до сих пор не известна его истинная способность обеспечить снижение вредных выбросов в атмосферу. Во-вторых, все еще недостаточно изучено его влияние на механику двигателей — будь то биотопливо в смеси с обычным или, в особенности, чистое биотопливо, каким бы оно ни было. Биотопливо само по себе может являться сильным растворителем и постепенно забивать мелкие форсунки инжекторной системы растворенными в нем веществами. Сорты биотоплива, основанные на этаноле, могут быть гигроскопичными, а растворяющаяся в них влага может поражать коррозией детали двигателя. Компоненты такого топлива могут также оказывать негативное воздействие на прокладки и уплотнители двигателя и системы подачи топлива, изготовленные из органических материалов. По крайней мере, в настоящее время налицо явная несовместимость материалов современных двигателей с биотопливом, когда оно используется в высоких концентрациях. Этанол, как таковой, не является особой проблемой, ибо технологии его производства из разного сырья совершенствовались на протяжении десятков лет, и он всегда одинаковый, каково бы ни было сырье: нефть или сахарный тростник. Поэтому с биоэтанолом, по крайней мере с точки зрения спецификаций, различий не наблюдается. Обычные бензиновые двигатели могут без проблем работать на смеси, в состав которой входит 5% этанола. Однако стоит чуть повысить эту концентрацию —

и начнутся проблемы с химической несовместимостью, о которых говорилось выше, поэтому для использования топлива с большим количеством спирта в составе необходимы модифицированные двигатели, которые химически инертны по отношению к топливу и, кроме того, отрегулированы под характеристики его сгорания. Процесс получения однородной смеси этанола и бензина весьма непрост. При большой доле спирта в смеси необходимо использовать вместо обычного бензина аналогичный продукт, получаемый крекингом и оксигенированием тяжелых фракций нефти (*Refinery Base Oxygenate Blendstock, RBOB*). Топливо, содержащее биодобавки (в особенности этанол), не может перекачиваться по обычным трубопроводам для нефтепродуктов. Кроме этого, автозаправочные станции должны специально подготавливать свое оборудование, в особенности топливные резервуары, тщательно высушивая их перед заливкой топлива с этанолом в составе: этанол весьма гигроскопичен, и если допустить контакт топлива с водой, оно станет опасным для двигателей, так как может привести к их коррозии. Помимо технических проблем, потребители могут также столкнуться с вопросами иного порядка. Так как европейский стандарт на бензин *EN228* допускает до 5% этанола в его составе, факт содержания спирта в топливе поставщиками не всегда доводится до сведения потребителей. Однако этанол имеет меньшую энергетическую ценность на единицу массы, нежели бензин. Эти вопросы сейчас интенсивно изучаются в США в центре *Ricardo*, сотрудничающего с фирмой *Bosch* и Университетом штата Мичиган в совместной работе над оптимизированным под биотопливо автомобилем, который мог бы использовать топливо, содержащее любое количество этанола [108], вплоть до *E85*. Работу финансирует Департамент энергетики США. В США состоялся масштабный тест автомобилей, заправленных синтетическим дизельным топливом. Как сообщает пресс-служба *Audi of America*, искусственную солянку разработала калифорнийская компания *RenTech*. Солянка изготавливается без участия нефти из отходов древесины, образующихся при лесозаготовках, и органических составляющих бытового мусора. Получившееся топливо подходит для использования в обычных дизельных двигателях без какой-либо доработки, а также имеет на 60% большую энергоотдачу, чем этанол. Немаловажно также, что выбросы вредных веществ за время всего цикла производства и сжигания биодизеля

на 97% меньше, чем у бензина. Для теста были выбраны два автомобиля *Audi A3 TDI*, которые успешно преодолели более 1 600 км на искусственном дизтопливе. Средний расход топлива составил 5,47 л на 100 км. *RenTech* [109] рассчитывает вывести новый продукт на рынок уже в ближайшие 1—2 года. В 2001 г. исследовательский центр *Ricardo* предпринял ряд исследований по заказу Британского департамента транспорта [108]. Основным предметом исследований стало растительное масло и его использование в качестве топлива. Было также исследовано использование различных смесей (*B10*, *B20* и *B30*) в двигателях различных производителей. Внимание специалистов было направлено на состав выхлопов и веществ, загрязняющих двигатель, а также на работу и регенерацию фильтром частиц. Центр *Ricardo* также провел углубленное изучение использования топлива *B30* в двигателях высокой мощности, в особенности интересуясь выбросами, которые на данный момент не учитываются стандартами по вредным выбросам для автотранспорта. «Тесты проводились, в основном, при помощи оборудования, которым проверяют свойства обычного топлива, — говорит Дж. Андерссон, — однако проблема состоит в непостоянстве состава биотоплива как при сравнении различных сортов, так и каждого из них с течением времени, а критерии оценки основаны на результатах, полученных с обычным топливом. Таким образом, от того, пройден или не пройден данный конкретный тест, мало что зависит. Мы пытаемся расширить границы понимания последствий использования новых видов топлива в современных двигателях. Нам до сих пор не хватает информации для выводов о влиянии биотоплива на сроки службы и надежность двигателей. Исследователям еще предстоит «выловить» те компоненты и свойства биотоплива, от которых зависит сокращение срока службы — только тогда можно будет создать модели процессов взаимодействия топлива и материалов двигателей, которые могли бы дать ответы на наши вопросы» [107].

Существует еще одна проблема: разработка стандартов. Нефтяная промышленность и принадлежащие ей лаборатории не имеют специалистов, у которых есть опыт работы с биологическими материалами. Кроме того, мнение специалистов-химиков, экспертов по двигателям и законодателей относительно того, с какой точки зрения рассматривать биотоплива, весьма далеки от согласия. Центр *Ricardo*, имеющий опыт работы с биотопливом на протяжении около четверти века, в этой

ситуации становится одним из ключевых источников информации. Организуемые центром курсы и семинары по проблемам биотоплива зачастую не могут принять всех желающих участвовать в них. Специалисты центра тесно работают с законодательными органами Европейского сообщества, а также с различными группами и представителями бизнеса. «Мы считаем, — уточняет Дж. Андерссон, — что в первую очередь необходимо оказать содействие всем сторонам, участвующим в формировании стандартов». Для того, чтобы оценить качество топлива, необходимы стандарты, а для биотоплива, как уже неоднократно упоминалось, их практически не имеется. Для составов E10, E85, B10, B30 и многих других они отсутствуют [107].

Большинство проблем будет решено на стадии внедрения так называемого биотоплива второго поколения. Сорты биотоплива, производящиеся в наши дни, считают относящимися к первому поколению. Сейчас они производятся из ферментированного растительного сырья (этанол) и разнообразных растительных масел (биодизельное топливо). Топливо второго поколения будет производиться по технологии сжижения газов (*gas-to-liquids, GTL*) Фишера-Тропша (*Fischer-Tropsch*) [110]. Технология включает в себя несколько стадий. Первая из них заключается в специальной обработке биомассы и получении из нее газообразных продуктов. Далее эти газы проходят очистку, перерабатываются в однородную смесь монооксида углерода и водорода, которая, в свою очередь, перерабатывается в жидкое топливо. Этот процесс далеко не нов (он был разработан в 1920-х гг.), однако вполне пригоден для изготовления поддающегося стандартизации химически однородного топлива. Таким образом, продукты обработки растительного сырья разлагаются до простых компонентов, которые затем можно синтезировать в высококачественное, лишенное примесей топливо. Сырьем для подобного производства может быть любая биомасса, включая отходы деревообрабатывающего производства и остатки пищи. Данный процесс пока что используется небольшим числом компаний, и пройдет еще немало времени, не менее десяти лет, пока топливо начнет производиться в промышленных масштабах. Только после этого может раскрыться истинный потенциал биотоплива, без побочных эффектов в виде нанесения им вреда двигателям. Ждать осталось гораздо больше, чем хотелось бы, однако этот период можно использовать с немалым смыслом. У всех участников процесса, включая автомобиль-

ную и нефтяную индустрии, есть время на то, чтобы тщательно спланировать все свои шаги для подготовки к работе с новым топливом, а также в условиях его наличия, когда уже не будет оправданий для отсрочки перехода на него.

3.3 Внедрение биотоплива в ведущих странах мира

Страны ЕС взяли на себя обязательство к 2020 г. сократить выбросы двуокси углерода в атмосферу на 20% и на 95% к середине века. Сделать это планируется за счет использования возобновляемых источников энергии.

В ЕС к 2020 г. планируется достичь 10% доли биотоплива от общего количества топлива, используемого транспортом. В США, согласно стандартам использования возобновляемых энергоносителей (*Renewable Fuel Standards*), к 2010 г. запланировано потребление 25,7 млрд л биотоплива, и 227 млрд — к 2030 г. [111]. В Китае к 2020 г. планируется достижение 15% доли биотоплива от общего расхода топлива на транспорт. В Индии в 2010 г. планировалось достичь 10%. В Бразилии к 2013 г. планируется довести потребление до 2,5 млрд л биодизельного топлива и содержание этанола в бензине до 24...27%. Австралия в 2010 г. планировала использовать 1% биотоплива, в 2020 г. — 5,75% биотоплива. Биодизели и топливо для них представляют собой основную проблему и главный повод для беспокойства. Опять же, европейский стандарт на дизельное топливо *EN590* допускает присутствие в нем до 5% биодобавок. Однако в отличие от этанола, который добавляется в бензин, в дизельное топливо могут добавлять различные добавки. В любом случае, при превышении их количества (допустимых 5%) начинаются проблемы с двигателем. Чаще всего в качестве сырья для биодизельного топлива используется семя рапса, выращиваемого в Европе, пальмовое масло из Индонезии и Малайзии или соя, на которую в основном полагаются в США. Управляющий отделом химических исследований центра *Ricardo* Дж. Андерссон (*Jon Andersson*) указывает на то, что химический состав масел, получаемых из различных видов сырья, будет разным. «При недостаточной степени рафинирования масла из разного сырья будут содержать различные побочные продукты в определенном количестве. Все они могут

оказывать негативное воздействие на производительность и надежность работы двигателей и, более того, могут приводить к ухудшению качества топлива с течением времени под воздействием тепла и света», — говорит он [108]. Вот типичный сценарий: некто приезжает в аэропорт и оставляет машину на стоянке с горячим мотором и теплым топливом. Бак, вероятнее всего, не будет полным, и, в течение нескольких дней, пока автомобиль находится на стоянке, топливо в баке вступает реакцию с воздухом и, вполне вероятно, подвергается нагреву на солнце. «В результате получается, что хозяин оставляет машину с одной смесью в топливном баке, — объясняет Дж. Андерссон, — а когда он приезжает, состав уже совершенно другой» [108]. Ввиду большого количества сортов топлива на автозаправочных станциях может понадобиться дополнительное оборудование для каждого из них. На многих станциях просто будет негде разместить колонки для всех видов топлива. Широкий выбор внесет путаницу; будут нередки случаи непреднамеренной заправки автомобилей неверным сортом топлива. От такой же проблемы могут страдать и автозаправочные станции. На станции, расположенной на бойком месте и продающей топливо в большом количестве, качество топлива может оставаться вполне постоянным. Однако в других местах биотопливо, подолгу находящееся в подземных резервуарах, может портиться. Если состав топлива непостоянен и меняется со временем, то работать с ним будет практически невозможно. Любая задача по обеспечению работы двигателя с топливом превратится в стрельбу по «бегущему кабану»: нельзя будет обеспечить должную степень химической нейтральности материалов, если состав топлива постоянно изменяется [108]. Наладить двигатель для работы с топливом с постоянно меняющимися характеристиками сгорания также будет невозможно. Двигатели будут постоянно ржаветь и получать другие химические повреждения, система подачи топлива будет забиваться продуктами разложения компонентов самого топлива, а автопроизводители будут вынуждены либо ограничивать предлагаемые гарантии на двигатели, либо разоряться на их отработке. Эксперименты с использованием в качестве дизельного топлива растительного масла, переработанного после использования для приготовления пищи, дали весьма сомнительные результаты. Смешивание несгоревшего топлива с моторными маслами в двигателе само по себе является проблемой обычных автомобилей с дизельными двигателями. Однако

использование в качестве топлива растительных масел, не прошедших преэтерификации и без улучшающих сгорание добавок, приводит к тому, что эти масла начинают реагировать со смазочными, образуя полимеры, свойства которых никак не способствуют нормальной работе двигателей. Разнообразие не всегда полезно. Даже если биотопливо само по себе качественное, разнообразие его сортов делает калибровку двигателей под оптимальную производительность практически невозможной. «В будущем вполне возможно создание синтетического дизельного топлива второго поколения, с более высоким качеством, чем современное дизельное топливо, и его производство в промышленных масштабах, — говорит Дж. Андерссон, — однако на данный момент перед нами стоит проблема, заключающаяся в большом разнообразии видов биодизельного топлива и, естественно, проблема их качества. Сейчас ни один из автопроизводителей не обладает достаточным количеством средств и техническими возможностями для проверки своих двигателей на совместимость с современными сортами биотоплива во всем их разнообразии. Для них также существует риск затратить большие деньги и длительное время на разработку двигателя под топливо, которое просуществует лишь десяток лет или около того, а затем будет вытеснено топливом второго поколения» [108]. В наши дни некоторые производители дают гарантию на использование своих двигателей с топливом *B100* (полностью биологическое), однако со многими оговорками касательно стандартов топлива, интервалов техобслуживания и режима эксплуатации. Состав выхлопов после биотоплива также может быть весьма разным. Центр *Ricardo* провел исследование многих видов биотоплива на этот предмет. «Исследование сгорания биодизельного топлива *B30* (т. е. 30% биодобавок) показало уменьшение количества угарного газа и углеводородов в выхлопных газах, но ценой снижения мощности двигателя, — говорит Дж. Андерссон, — количество частиц в выхлопах увеличилось, стабильных данных по оксидам азота получить не удалось. В принципе, не обнаружилось ничего, с чем не могли бы справиться современные системы фильтрации» [108]. Высокое содержание биодобавок в топливе коренным образом меняет динамику его сгорания. Так, Дж. Андерссон углубляется в детали, рассказывая о том, что происходит внутри двигателя: «Биодизельное топливо обладает большей плотностью и содержит более тяжелые углеводороды, часть которых может не

сгорать. Хотя разные двигатели ведут себя по-разному, в целом эти компоненты снижают температуру горения, в результате чего мы обнаруживаем меньшее количество оксидов азота в выхлопах. В то же время они же могут постепенно откладываться на внутренних поверхностях камер сгорания и существенно повышать количество частиц в обработанных газах. Динамика этих процессов может сильно отличаться при использовании разных сортов биотоплива — вот почему практически невозможно отрегулировать двигатель таким образом, чтобы он одинаково хорошо работал на любом из них» [108].

По прогнозам развития возобновляемой энергетики в мире в 2010 г. традиционные источники энергии составили около 7%, а начиная с 2012-2013 гг., планируется уменьшение потребления традиционных источников энергии и замена их возобновляемыми источниками энергии. По планам ЕС в 2010 г. доля возобновляемых энергетических ресурсов должна была быть увеличена до 10% от общего объема потребления, а к 2020 г. — до 21,3%. В настоящее время в Германии из возобновляемых источников энергии получают 10% электроэнергии и 3,2% общих энергетических потребностей. По проекту в 2010 г. должно было быть 12,5% электроэнергии и 4,2% общих энергетических потребностей, до 2020 г. — 20% электроэнергии и в 2050 г. — 50% электроэнергии [19].

Производство «зеленой» энергии в Голландии в 1990 г. составило 20 ПДж, в 2020 г. должно возрасти до 380 ПДж. Производство электроэнергии из возобновляемых источников в 1990 г. составило 700 ГВт, а в 2002 г. уже было 3 600 ГВт электроэнергии [19].

В Австрии в малом местечке Гюссинг (3,5 тыс. жителей), расположенном на юго-востоке страны, благодаря биомассе, был решен ряд проблем: ликвидирована высокая безработица, обеспечены рабочие места, лишена проблема оттока молодых людей, недостаток финансовых средств в общине и т. д. В местечке был реализован проект комплексного использования биомассы для производства дизельного топлива. Община таким образом не только обеспечила себя электроэнергией на 100%, но и начала большую часть продавать. Процесс когенерации основан на использовании биогаза. Тепло производится из биогаза в реконструированном газовом двигателе *JENRACHER*. Инвестиции составили 10 млн евро [112].

В Дании сооружена электростанция, работающая на соломе, которую поставляют с территории в радиусе 50 км от самой

станции. Сжигание 40 т соломы позволяет обеспечить электроэнергией 18 тыс. домов [19].

В конце 2007 г. была отмечена премией чешская биостанция на ферме в Великом Карлове с объемом ферментатора около 10 000 м³, которая в настоящее время является наиболее крупной биостанцией в Европе (рис. 3.5) [5].

Биостанция поставлена на ферме, специализирующейся на выращивании поросят. В качестве сырья используются отходы от кормления поросят и другие биологические отходы, а также отходы с ближайших фирм и агрообщин, перерабатывающих предприятий, например, с бойни, кафетериев, а также биологические отходы торговых и коммунальных предприятий.

Перерабатывать эти отходы позволяют установленные на входе сырья так называемые гомогенизационные бункеры, в которых опасные биологические материалы подвергаются воздействию температуры 135°C и давлению до 3 атмосфер в течение 20 мин.

Биогаз используют для привода когенерационных установок. Биостанция, согласно проекту, должна была снабжать газом две когенерационные установки (двигатели *Deutz*) мощностью каждая 700 кВт · ч (рис. 3.6). Но эти установки не смогли использовать весь



Рисунок 3.5 — Габариты ферментаторов и трактора, подвозящего к ним навоз [5]

объем производимого газа, поэтому дополнили еще тремя когенерационными установками *TEDOM* (с двигателями *LIAZ*) мощностью по 175 кВт каждая (рис. 3.7). Общая мощность биостанции — 2 000 кВт. Электричество подается в общую сеть. С июля 2006 г. было выработано 14 млн кВт электрической энергии. Биостанция давала тепло также для обогрева близлежащих животноводческих помещений.



Рисунок 3.6 — Когенерационная установка *Deutz* [72]



Рисунок 3.7 — Когенерационная установка *TEDOM* [81]

4.1 Энергетическая политика стран Европейского союза

Основной целью энергетической политики стран членов ЕС является [55]:

- обеспечение достаточным количеством источников энергии при максимальной экономии энергии со стороны потребителя;
- обеспечение безопасной и непрерывной поставки энергии при сбалансированной структуре ее отдельных составляющих, так, чтобы в случае выхода из строя одного энергетического источника он мог бы быть заменен другим.

В последнее время во всех государствах ЕС ключевым вопросом стала диверсификация энергетических источников и не только по одному типу, но и по области их географического происхождения.

Государства-члены ЕС, в настоящее время почти половину своих потребностей энергии покрывают путем поставок с территории третьих государств. С точки зрения ожидаемого роста потребления энергии в будущем и возможности использования отечественных источников энергии для удовлетворения роста потребления можно предположить рост зависимости от поставок.

Наиболее используемым отечественным источником энергии в государствах ЕС являются угли. Чистые угольные технологии позволяют использовать сравнительно большие запасы угля с минимальным воздействием на окружающее пространство. Бурые угли обеспечиваются, главным образом, отечественной добычей; потребность в черном угле обеспечивается доставкой из стран, не входящих в ЕС.

Риском для государств ЕС является большая зависимость от поставок нефти и ее производных продуктов из третьих стран с точки зрения их недостатка на рынке ЕС, а также из-за нестабильности цены. Даже если постепенно отступать от производства электричества и тепла из нефтяных продуктов, вся потребность

в этих продуктах остается высокой, главным образом из-за растущей потребности в транспортировании. В настоящее время наибольшее развитие получило потребление природного газа, благодаря его акцептации с точки зрения влияния на окружающее пространство. Проблемой, однако, является его ограниченная доступность на общем рынке и зависимость от цены нефти. В последнее время возросла потребность в снабжении общего рынка природным газом поставками из Алжира, Норвегии и России.

Приблизительно треть электричества, потребляемого странами ЕС, произведена на атомных электростанциях. С учетом повышенного потребления электричества и необходимости снижения эмиссии парниковых газов в последнее время изменилось негативное отношение некоторых стран ЕС к ядерной энергетике. Для дальнейшего ее использования необходимо решить прежде всего вопросы безопасности эксплуатации атомных станций, а также вопросы захоронения сгоревших ядерных отходов. Для усиления энергетической самостоятельности государства ЕС уделяют большее внимание на использование возобновляемых источников энергии. Для поддержки использования возобновляемых источников энергии было разработано множество институциональных и финансовых устройств и схем. Наибольшего размаха достигает использование ветряной энергии и биомассы. Возобновляемые источники энергии являются важной составной частью структуры источников энергии, но их способность заменить остальные источники энергии в ближайшие годы ограничена. Общеизвестно, что на сегодня ни один из энергоносителей еще не в состоянии в одиночку обеспечить выполнение критериев экономичности и экологической безопасности. По этой причине, говоря об энергоснабжении будущего, ведут речь о комбинации источников энергии будущего, которая в своей совокупности все больше отвечает названным выше целям. В этой связи федеральное правительство Германии закрепило в Интегрированной программе по вопросам энергетики и климата, принятой в конце 2007 г., решение о повышении доли энергии, получаемой из возобновляемых источников в электроснабжении с сегодняшних 14% до не менее чем 30% к 2020 г. [55].

Успех политики в области энергетики заключается в разумном и рациональном использовании энергии и переходе на возобновляемые источники энергии так скоро, как это позволяют технические

возможности и уместность в плане экономики. Поэтому здесь часто ведут речь о двойной стратегии: сокращении совокупного энергопотребления путем дальнейшего повышения энергоэффективности и все более широком внедрении возобновляемых источников энергии.

Согласно определению Международного энергетического агентства (*IEA*), к возобновляемым источникам энергии относятся энергоносители, получаемые в результате естественных процессов и постоянно воспроизводящиеся: энергия солнца, биомасса, гидроэнергия, сила ветра, глубинное тепло земной коры, а также энергия моря и волн. Количество энергии этих видов бесконечно велико.

Энергии на Земле существует в избытке, существующего потенциала возобновляемых источников энергии вполне достаточно и для удовлетворения потребностей будущих поколений. Так, к примеру, один только потенциал солнечного излучения, который может быть использован физически, более чем в 2 850 раз превышает сегодняшнюю потребность мира в энергии. Энергия ветра, например, покрывает ее в 200-кратном размере, биоэнергия — в 20-кратном, геотермальная энергия — в 5-кратном и т. д. Получение энергии из возобновляемых источников способствует защите климата и окружающей среды (так как не ведет к выбросам CO_2), повышает надежность снабжения энергией и экономического планирования, а также создает рабочие места и подталкивает к разработке инноваций в технике.

В странах, где были осознаны именно эти преимущества, где субъекты политики и экономики были готовы реализовывать эти амбициозные замыслы, добыча энергии из возобновляемых источников получила широкое развитие. И количество таких стран постоянно растет.

Германия планирует дальнейшее развитие возобновляемых источников энергии (табл. 4.1), а также увеличение инвестиций в эту область энергетики (для сравнения: заявленные инвестиции компаний энергоснабжения в новые электростанции на традиционных энергоносителях до 2020 г. составляют примерно 40 млрд евро) (табл. 4.2) [118].

Т а б л и ц а 4.1 — Использование биоэнергии в Германии в 2008 г. [55]

Показатель	Величина
Общая установленная мощность (электричество)	3 295 МВт
Производимое количество электричества (включая биогенные отходы)	26,0 млрд кВт / ч
Доля в потреблении электроэнергии	4,2%
Экономия по выбросам CO ₂	21,6 млн т
Производимое количество теплоты	102,1 млрд кВт / ч
Доля в потреблении тепла	7,2%
Экономия по выбросам CO ₂	23,6 млн т
Использование биотоплива	3,8 млн т
В том числе:	
биодизель	2,8 млн т
растительное масло	0,4 млн т
биоэтанол	0,6 млн т
Доля в расходе топлива	6,1%
Экономия по выбросам CO ₂	12,0 млн т
Рабочие места	95 800

Т а б л и ц а 4.2 — Перспективы развития возобновляемых источников энергии в Германии [118]

Показатель	2007 г.	Прогноз на 2020 г.
Экономия по выбросам CO ₂ , млн т	114	250
Рабочие места	250 000	500 000
Экономия по импорту энергии, млрд евро	4,3	20
Объемы экспорта, млрд евро	9	80

Благодаря национальным и международным системам стимулирования (программы финансирования, тарифная политика), возобновляемые источники энергии могут занять свое место в комбинации источников энергии будущего [118].

4.2 Проект энергетической политики в Республике Словакии

Энергетическая политика является стратегическим документом, который определяет основные цели и рамки развития энергетики на длительный период времени. Энергетическая политика является частью народнохозяйственной стратегии Словакии, когда обеспечение максимального экономического роста в условиях постоянно поддерживаемого развития обусловлено надежностью поставки энергии при оптимальных расходах и соответствующей защите окружающей среды [49]. Предшествующую энергетическую политику правительство РС приняло к сведению 12 января 2000 г. постановлением правительства № 5/2000. Хозяйственный рост, направления в либерализации энергетики в Европе, вступление в Европейский союз и принятие новых директив ЕС, регламентирующих энергетику, потребовали разработку новой энергетической политики.

Энергетическая политика является исходным пунктом для дальнейшего направления развития электроэнергетики, теплоэнергетики, газоэнергетики, добычи, переработки и транспортирования нефти, добычи угля, использования возобновляемых источников энергии.

Целью энергетической политики является создание предпосылок для обеспечения достаточного количества энергии, ее эффективного использования, безопасной и регулярной доставки и максимизации экономии со стороны потребителя.

Благодаря реализации энергетической политики будет достигнуто обеспечение энергетических потребностей Словакии, путь к постоянному снижению энергетического голода, создание конкурентного пространства на энергетическом рынке с целью снизить расходы на всех ступенях и устранить одностороннюю зависимость от поставщика энергии. Одновременно ее реализация создает предпосылки для повышения энергетической эффективности.

Энергетическая политика разработана в рамках закона № 656/2004 свода законов об энергетике и о замене некоторых законов на срок 25 лет. Министерство народного хозяйства Словакии будет минимально актуализировать энергетическую политику каждый пятый год с учетом изменения факторов, которые имеют прямое или косвенное влияние на энергетическую политику.

4.3 Энергетическая политика в Республике Словакии

В рамках оценки исполнения мероприятий энергетической политики с 2000 г. в хозяйстве Словакии энергетика получила значимое место. Дальнейшую энергетическую политику правительство рассмотрело еще в январе 2000 г. и приняло постановление № 5/2000, одновременно возложив на многие центральные органы конкретные задачи, направленные на концептуальные решения проблематики, а именно:

- направленность энергетики в связи со вступлением в ЕС (либерализация рынка с электричеством и с газом и реструктуризация энергетики);
- добыча отечественного угля и вопросы, связанные со снижением неэффективной добычи угля, диверсификацией получения источников энергии;
- обеспечение плавного снабжения энергией, включая решение случайного состояния необходимости;
- рационализация потребления топлив и энергии;
- дооборудование новых ресурсов (ядерные реакторы 3 и 4), ядерной электростанции в Моховце;
- захоронение отработавшего ядерного топлива;
- ликвидация ядерно-энергетических устройств.

4.4 Либерализация рынка с энергией, реструктуризация и приватизация

Реализация энергетической политики за последние три года в соответствии с направлением энергетической политики ЕС означала постепенную либерализацию энергетического рынка.

В секторе энергетики после 2000 г. проводилась масштабная реструктуризация, результатом которой явилось повышение экономической эффективности данного сектора. Реструктуризация сопровождалась трансформацией и приватизацией. В настоящее время можно констатировать, что процесс приватизации в энергетике заканчивается, ее результатом является смена имущественных

отношений, которая реализована благодаря вступлением зарубежных инвесторов в трансформированные энергетические компании. В дистрибуторные компании вошли известные зарубежные инвесторы, а перед окончанием приватизации даже «пришел» зарубежный инвестор для участия в производстве электричества.

Целью либерализации рынка было создание конкурентного пространства даже при наличии естественных монополистов и предоставление возможности, с одной стороны, потребителям электричества и газа выбирать поставщика и, с другой стороны, предложить экзистенцию равноценного соревнования между отдельными поставщиками, а также постепенно создать естественное давление на повышение экономической эффективности.

На энергетическом рынке образовалась свободная конкуренция на уровне производства и предложения, поставки и торговли электричеством и газом, основанная на транспарентных правилах без возможности дискриминации или, наоборот, предпочтения некоторым из поставщиков.

С введением новых правил торговли образовалось пространство для использования преимуществ, которые могут возникнуть на внутреннем рынке с электричеством и газом с точки зрения большей эффективности эксплуатации комплексов и сетей, лучшего уровня предоставления услуг, давление на снижение цен и высшей конкурентоспособности. Неизменным остается пространство на реализацию мероприятий, направленных на обеспечение равных условий для всех участников рынка, на снижение рисков доминирующего положения отдельных участников рынка и корыстного поведения, как на обеспечение внедрения недискриминирующих тарифов за передачу и дистрибуцию электричества и за транспортировку и продажу газа (а именно на основе общедоступных тарифов перед их вступлением к реализации), так и на обеспечение защиты прав покупателей.

4.5 Регулирование рынка с энергией

Либерализация энергетического рынка требует системных изменений всего предпринимательского пространства не только у предпринимателей в энергетике. Если характер эксплуатации

энергетических сетей не позволяет введение полной конкуренции, то ключевой задачей в этой области является регулирование, которое обеспечит:

- недискриминирующий и транспарентный режим работы в сетевых отраслях;
- внедрение регулировочных мероприятий, направленных на снижение рисков с нарушением правил хозяйственного конкурса со злоупотреблением доминирующего положения на рынке с энергией и службами защиты прав покупателей;
- внедрение мероприятий по обеспечению надежной, экономичной и качественной поставки энергии и предложенных услуг, связанных с этим.

С целью создания функционального рынка с электричеством и создания конкурентного пространства в энергетике будут разработаны условия, позволяющие ребалансировку цен, соответственно тарифов, с целью их дифференцирования в зависимости от типа потребителя (максимум потребления) в контексте со всеобщей практикой в ЕС и принципами, устанавливающими, чтобы цена и тарифы отражали расходы. На время, после 2007 г., необходимо реализовать на основе ясных и транспарентных правил ребалансировку цен и, соответственно, тарифов в электроэнергетике.

Принятые Европейским парламентом и Советом Директива № 2003/54/ЕС об общих правилах для внутреннего рынка с электричеством и Директива № 2003/55/ЕС об общих правилах для внутреннего рынка с газом стали основой для унификации правил, необходимых для функционирования внутреннего рынка и для создания функционального внутреннего рынка во всех государствах ЕС, не исключая Словакию. Кроме самой реструктуризации, имплементация ключевых директив, регулирующих внутренний рынок ЕС с электричеством и газом, требует со стороны предлагаемых служб заведение таких правил, которые позволяют транспарентным и недискриминантным способом функционирование конкурентного пространства в энергетике.

Необходимо проводить мониторинг влияния энергетической законодательной базы на либерализацию рынка, анализировать барьеры, препятствующие реальному открытию рынка с электричеством и газом, и принять соответствующие законодательные меры для устранения этих барьеров.

4.6 Долгосрочная концепция энергетической политики

Долгосрочная концепция энергетической политики основана на постоянном снижении энергетической потребности экономики. Цель сформулирована так, что при ее реализации будет обеспечена доступность энергии всем конечным потребителям в реальном времени и на экономически эффективном принципе.

Валовое потребление энергии и коэффициент спроса энергии являются основными указателями для международного сравнения.

4.7 Валовое потребление энергии, примерный бытовой продукт и коэффициент спроса энергии

В 2002 г. в статистике энергетики ввели понятие «валовое потребление энергии», которым заменили до тех пор используемое понятие «первичные энергетические ресурсы» и одновременно пришли к методическим изменениям, которые исходили из норм и рекомендаций ЕС и Международного энергетического агентства. Валовое потребление энергии затронуло первичную продукцию в Словакии (бурые угли, лигнит, нефть, природный газ, тепло и электричество) и ее преобразованные и обновленные продукты, сальдо импорта и экспорта и расходование резервов. Затронуто также сальдо импорта и экспорта и расходование других продуктов, таких, как черные угли, кокс, буроугольный брикет, дизельное топливо, бензин, легкие и тяжелые топливные масла, керосин, коксовый газ, печной газ и другие виды твердого, жидкого и газообразного топлива [49].

Расчет роста валового потребления энергии (ВПЭ) до 2030 г. основан на его постепенном росте (табл. 4.3). При расчете исходили из предположения, что до 2015 г. будет быстрее расти ВПЭ, чем снижение коэффициента спроса энергии, а после этого года предполагается быстрое снижение коэффициента спроса энергии при одновременном росте ВПЭ (табл. 4.4).

Т а б л и ц а 4.3 — Рост валового потребления энергии (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Показатель	Год				
	1995	2000	2001*	2002	2003
Валовое потребление энергии, ПДж	766	768	792	791	798
<i>Примечание.</i> ПДж — петаджоуль = 10^{15} джоулей. * — новая методика.					

Т а б л и ц а 4.4 — Валовое потребление энергии и его расчет по данным Министерства хозяйства Словакии [5]

Показатель	Год				
	2004	2005	2010	2020	2030
Валовое потребление энергии, ПДж	806	808	801	836	831

4.8 Рост валового отечественного продукта и коэффициента спроса энергии

Важным хозяйственным показателем, который служит указателем и при международном сравнении, является коэффициент спроса энергии, который определяется как доля валового потребления энергии и валового отечественного продукта.

Анализируя рисунок 4.1, видно, что рост ВПЭ за прошедшее время сопровождался сбалансированным потреблением энергетических ресурсов (по данным Министерства хозяйства Словакии). С 1993 г. происходит ежегодное снижение коэффициента спроса энергии на 4% в год, что обусловлено, главным образом, развитием производства с высшей добавочной стоимостью и введением экономических мероприятий как со стороны производителей, так и со стороны потребления. Рост валового продукта, в зависимости от коэффициента спроса энергии, можно видеть на рисунке 4.1.

Предполагалось, что энергетическая потребность в 2004 г. достигнет примерно 1,0 ПДж на млрд словацких крон, а это означает, что на производство 1 млрд в постоянных ценах необходимо 1 ПДж энергии. Такое развитие указывает на постепенный уход экономики Словакии от энергетически растратного производства.

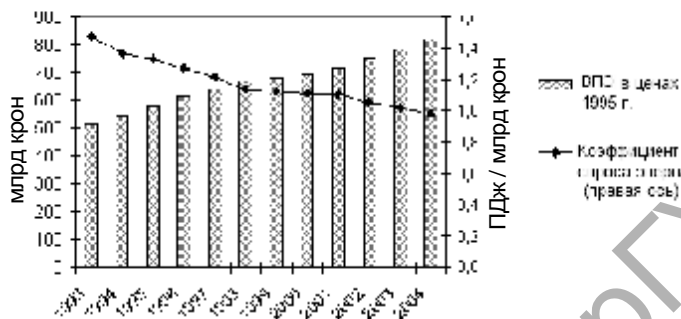


Рисунок 4.1 — Зависимость ВПЭ от коэффициента спроса энергии [5]

Для сравнения энергетической потребности со странами ЕС 15 удобнее вместо ВЭП, выраженного в постоянных ценах, использовать ее выражение в паритете покупательской способности. На рисунке 4.2 можно видеть, что таким образом подсчитанная энергетическая потребность с 1995 г. имела в Словакии убывающую тенденцию.

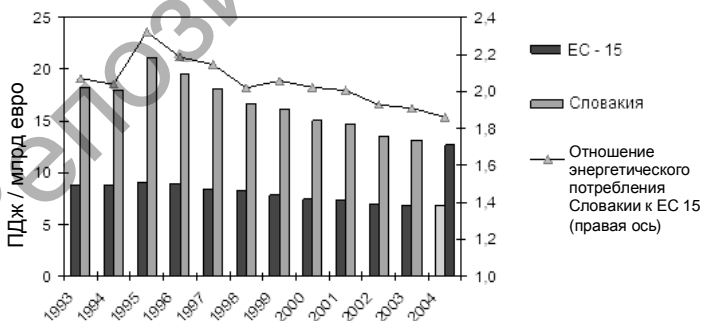


Рисунок 4.2 — Энергетическая потребность, выраженная в паритете покупательской способности [5]

Несмотря на это позитивное развитие, причиной постоянно высокой энергетической потребности является сохраняемая значительная доля промышленности в создании валового отечественного продукта. Для достижения уровня энергетической потребности ЕС 15 необходимо дальнейшее снижение этого отношения (табл. 4.5).

Несмотря на предполагаемое дальнейшее снижение до 2030 г. энергетической потребности, по сведениям Министерства хозяйства РС, она постоянно остается выше, чем ЕС 15 (табл. 4.6).

4.9 Потребность первичных энергетических ресурсов на жителя Словакии с 1993 г. в сравнении со странами ЕС 15

Потребность первичных энергетических ресурсов на одного жителя в Словакии (по данным Министерства хозяйства РС) ниже, чем в ЕС 15, и составляет меньше 150 ПДж на человека (рис. 4.3). Хотя в последнее время обозначился плавный рост, а в настоящее время в среднем не хватает более 90% по сравнению со странами ЕС.

Т а б л и ц а 4.5 — Сравнение отношения энергетической потребности Словакии к ЕС 15 (по данным Министерства хозяйства РС) [5]

Показатель	Год										
	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Отношение энергетической потребности Словакии к ЕС 15	2,07	2,04	2,32	2,18	2,14	2,02	2,06	2,02	2,01	1,93	1,91

Т а б л и ц а 4.6 — Расчет роста энергетической потребности до 2030 г. [5]

Показатель	Год				
	2004	2005	2010	2020	2030
Отношение энергетической потребности РС к ЕС 15	2,07	2,04	2,32	2,18	2,14

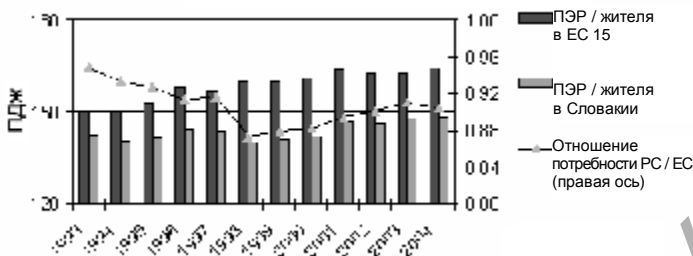


Рисунок 4.3 — Потребность первичных энергетических ресурсов на одного жителя Словакии

Исходя из данных Министерства хозяйства РС (табл. 4.7) о росте суммарной потребности энергии, можно констатировать, что итоговая потребность энергии имеет ежегодную убывающую тенденцию. Причиной этого положения является постепенная реализация экономических мероприятий со стороны потребителя.

Расчет роста ИПЭ основан на следующих предположениях:

- рост расходов на потребление электричества в связи с началом производства на новых промышленных предприятиях;
- рост потребления электричества в быту;
- рост потребления топлива на транспорте.

При расчете роста суммарной потребности энергии была принята к сведению также реализация мероприятий, направленных на снижение этой потребности (табл. 4.8).

Т а б л и ц а 4.7 — Суммарная потребность энергии (ИПЭ, ПДж [5]

Год	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Итоговая (суммарная) потребность энергии	545	507	512	519	499	500	491	473	461	464	444

Т а б л и ц а 4.8 — Оценка суммарной потребности энергии, ПДж [5]

Год	2004	2005	2010	2020	2030
Итоговая (суммарная) потребность энергии	450	455	460	470	480

4.10 Цели и приоритеты энергетической политики Словакии на период времени до 2020 г. с перспективой до 2030 г.

Цели энергетической политики Словакии на длительный период времени [5]:

- обеспечение такого объема производства электроэнергии, который удовлетворит спрос на экономически эффективном принципе;
- обеспечение с максимальной эффективностью надежной и безопасной поставки различных форм энергии в необходимом количестве и качестве;
- снижение доли валового отечественного потребления энергии в валовом отечественном продукте — снижение энергетической потребности.

Для достижения целей энергетической политики устанавливаются следующие приоритеты:

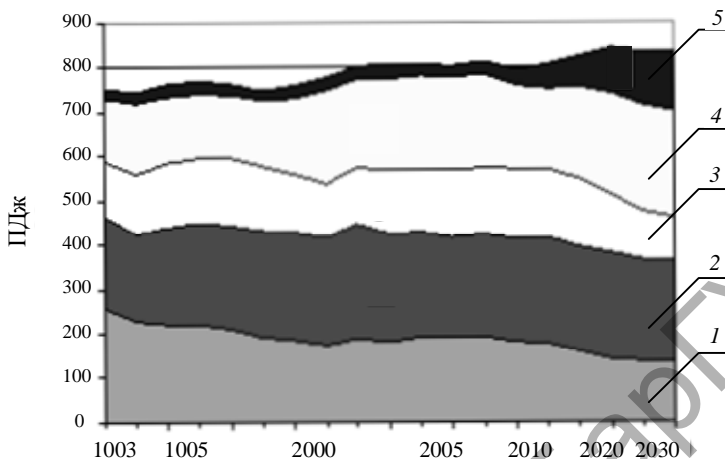
- замена остановленного производственного оборудования для выработки электричества таким образом, чтобы в результате этой замены была обеспечена выработка такого количества электроэнергии, которое в основном удовлетворит отечественный спрос на экономически эффективном принципе;
- принятие мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности со стороны потребления;
- снижение зависимости поставок энергии из рискованных областей — диверсификация получения как источников энергии, так и транспортных путей;
- использование отечественных первичных энергетических ресурсов для производства электроэнергии и тепла на экономически эффективном принципе;
- повышение использования комбинированного производства электроэнергии и тепла;
- использование ядерной энергетики как диверсифицированной, экономически эффективной и соответственно акцептованной к окружающей среде возможности производства электроэнергии;
- обеспечение ядерной безопасности эксплуатации атомных электростанций;

- повышение доли возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии и тепла с целью создать соответствующие дополнительные источники, необходимые для удовлетворения отечественного спроса;
- строительство системы и сети так, чтобы были способны обеспечить безопасные перенос, передачу и дистрибуцию электроэнергии и газа;
- построение новых связующих управления с целью улучшить присоединение к внутреннему рынку ЕС и к рынку третьих стран;
- поддержка использования альтернативных топлив в транспорте.

4.11 Исходные позиции для достижения целей энергетической политики — баланс ресурсов и потребностей

Примерно 90% первичных ресурсов Словакия обеспечивает покупкой вне территории внутреннего рынка ЕС. Одним из главных отечественных источников являются бурые угли, поскольку собственная добыча природного газа и нефти незначительна. Поэтому постоянно вырастает значение возобновляемых источников энергии (биомасса, вода, геотермальная энергия, энергия солнца, ветряная энергия) [49].

На основе анализа можно предположить (прогнозируя на 2030 г.), что главную задачу при удовлетворении потребностей сыграет большее использование ядерного топлива, природного газа и возобновляемых источников энергии. Такое развитие исходит из предположения, что в результате ужесточенных эмиссионных лимитов будет снижаться потребность в угле. Похожий сценарий можно предположить, в принципе, даже если эмиссионные лимиты в достаточной мере не отразятся на использовании угля. По причине замены нефтяных компонентов биотопливами ожидается лишь умеренный рост потребления нефти, главным образом на транспорте. На основе долгосрочных прогнозов роста валового отечественного потребления энергии можно предположить структуру роста потребностей в первичных энергетических ресурсах (рис. 4.4).



1 — уголь; 2 — природный газ; 3 — нефть; 4 — тепло с ядерных станций; 5 — возобновляемые источники энергии

Рисунок 4.4 — Рост потребления первичных энергетических ресурсов в Словакии до 2030 г. (по данным Министерства хозяйства РС) (по [49] с изменениями)

4.12 Предполагаемый рост отдельных видов первичных энергетических ресурсов

Угли

Отечественные бурые угли в настоящее время представляют примерно 79% от потребности бурого угля, необходимого для выработки электроэнергии и тепла значительную роль при обеспечении безопасности поставок электроэнергии. Остальное необходимое количество бурого угля и все черные угли обеспечивается заграничными поставками.

В добыче бурого угля ожидается постепенное снижение (табл. 4.9), и с точки зрения долгосрочного прогноза нельзя считать добычу бурого угля достаточной, чтобы удовлетворить потребности для выработки электроэнергии и тепла. Однако отечественный уголь и дальше остается одним из невозобновляемых источников энергии, необходимых для обеспечения надежности энергетической системы.

Т а б л и ц а 4.9 — Предполагаемый рост добычи бурого угля до 2030 г., млн т [49]

Добыча бурого угля, млн т	Год				
	2005	2010	2015	2020	2030
Количество	2 400	2 400	2 100	1 800	900

Сырьевая политика Словакии в области минерального сырья утверждена правительством РС постановлением № 722/2004, выражающим общественный интерес в том, что это энергетическое сырье и далее необходимо эффективно добывать. Для обеспечения необходимого количества угля на выработку электроэнергии необходимо начать добычу угля в горнодобывающих зонах трех первоначально самостоятельных шахтах (речь идет о начатых запасах в уже открытых залежах дальнейшими вскрываемыми и наладочными работами).

Природный газ

Общий объем запасов газа на планете составляет 920 трлн м³. Это в 300 раз больше нынешнего годового спроса на топливо. Запасов газа в мире может быть вдвое больше, чем предполагалось ранее, заявила старший эксперт по газу Международного энергетического агентства (IEA) Анн-Софи Корбо. По ее словам, этих запасов миру должно хватить на 250 лет [114].

Главной причиной повышения оценки резервов является неконвекционный газ, в частности, сланцевый и газ угольных пластов. Эксперт, однако, отметила, что точные цифры определить сложно, и многое зависит от развития технологий, цен и доступности запасов.

Ежегодная потребность в природном газе составляет около 7 млрд м³. Потребность в отечественной добыче составляет приблизительно 3%. Остальное количество природного газа поставляется из России.

В дальнейшем предполагается постепенный рост потребления природного газа (табл. 4.10), главным образом, в результате роста потребления в промышленности и при выработке электроэнергии и тепла. Использование газа удобно и с точки зрения минимального экологического воздействия на окружающее пространство. Этот прогноз выходит из сохранения соотношения цены природного газа

Т а б л и ц а 4.10 — Предполагаемый рост потребления природного газа до 2030 г. млн т [5]

Потребление природного газа	Год			
	2005	2010	2020	2030
Количество	6,5	6,9	7,0	7,1

к другим первичным ресурсам. В случае, если придет значительное изменение ценового соотношения природного газа, можно предположить изменения и в суммарном потреблении.

Нефть

Ежегодно Словакия ввозит почти 5,5 млн т нефти. Этот объем гарантирован на основе долгосрочного международного договора с Россией. Из поставляемого количества нефти для отечественного потребления используется 3,2 млн т. Отечественная добыча нефти составляет приблизительно 2%.

Нефтяная безопасность — это обеспечение поставок нефти в кризисных ситуациях, решенное в соответствующих юридических документах Республики Словакии. В 2003 г. еще не выполнялся 90-дневный запас нефти и нефтяных продуктов, в 2004 г. уровень запасов в целом составлял 55 дней, а уже в 2010 г. установлен 90-дневный запас, что потребовало строительство необходимых складских емкостей.

Ядерное топливо

В настоящее время более 55% электричества вырабатывается на ядерных электростанциях. Поставка ядерного топлива обеспечена долгосрочными договорами с Россией. Целесообразно поддержать переход на улучшенное топливо с более высоким использованием ядерного материала в ядерном топливе, что выразится в снижении его потребления на выработку единицы электричества. В связи с остановкой ядерной электростанции VI в Ясловских Богуницах снизилась поставка ядерного топлива до времени введения в эксплуатацию новых блоков ядерных электростанций.

В связи с использованием ядерного топлива для выработки электричества ключевым вопросом является захоронение сгоревшего ядерного топлива, а также ликвидация остановленных ядерных

установок. Словакия при решении этих вопросов поступает в соответствии с политикой ЕС, предусматривающей максимальную безопасность и надежность использования ядерной энергии во всех фазах жизненного цикла ядерноэнергетических устройств.

Возобновляемые источники

В настоящее время возобновляемые источники энергии, включая использование гидроэнергетического потенциала больших гидроэлектростанций, вырабатывают почти 5,2 ТВтч электричества, что представляет почти 16% отечественного потребления электроэнергии. Совокупный используемый потенциал отдельных видов возобновляемых источников энергии дает возможность повысить их долю в общей выработке электроэнергии почти на 24% в 2020 г. и на 27% — в 2030 г.

Перспективнейшим возобновляемым источником энергии для выработки тепла является биомасса, где совокупный ежегодный потенциал, пригодный на энергетическое использование, представляет почти 75,6 ПДж. Биомасса является перспективным источником для выработки электричества.

Однако вопреки приведенному, наиболее активным источником и далее остается использование гидроэнергетического потенциала. Пока речь идет о других возобновляемых источниках (ветряная энергия, геотермальная энергия, солнечная энергия), их использование будет лишь дополнительным источником с точки зрения безопасности и надежности поставок электроэнергии и тепла, причем важным фактором остается вопрос цены электроэнергии и тепла из возобновляемых источников энергии.

Необходимо постоянно следить за влиянием энергетических законов и финансовых средств по поддержанию использования возобновляемых источников энергии, анализировать препятствия к их использованию и принимать соответствующие меры для устранения этих препятствий.

Наиважнейшим мероприятием для повышения доли возобновляемых источников энергии в совокупном потреблении электроэнергии и тепла является принятие надлежащих законных изменений, которые бы поддержали их более широкое использование. Необходимо оценить поддержку возобновляемых источников энергии в рамках всеобщего хозяйственного интереса в энергетике. Снижение зависимости от нефти при производстве моторных топлив так же, как

и повышение коэффициента эффективности отдельных видов транспорта, создает простор для использования возобновляемых и нетрадиционных топлив в транспорте. Наиперспективнейшей альтернативой нефти являются биотоплива (табл. 4.11). Индикативные цели их использования определены на основе энергетического объема моторных топлив и указывают на их использование в 2010 г. в размере 5,75%, причем предполагается, что после 2010 г. их доля будет далее возрастать.

4.13 Конкретизация направлений и целей для более широкого использования возобновляемых источников энергии

Производство электроэнергии

Правительство Словакии в июле 2004 г. обсудило и одобрило материал «О прогрессе в развитии возобновляемых источников энергии, включая определение национальных индикативных целей

Т а б л и ц а 4.11 — Используемый потенциал возобновляемых источников [5]

Источник	Используемый потенциал	
	ПДж	ГВт
Водная энергия	23,8	6 600
Из них:		
большие гидроэлектростанции	20,2	5 600
малые гидроэлектростанции	3,6	1 000
Биомасса	75,6	21 000
Из них:		
дендромасса	47,0	13 055
сельскохозяйственная биомасса	28,6	7 945
Биотопливо	5,0	1 389
Биогаз	6,9	1 917
Ветряная энергия	2,2	600
Геотермальная энергия	22,7	6 300
Солнечная энергия	18,7	5 200
И Т О Г О	154,9	43 006

при использовании возобновляемых источников энергии», из которого следует, что на основе естественных и экономических условий реально в 2010 г. произвести приблизительно 5,9 ТВтч. Это производство охватывает производство в округе Габчиково, включая часть Венгрии [5].

Водная энергия. Используемый гидроэнергетический потенциал для производства электроэнергии представляет 6,6 ТВтч в год. Годовое производство электроэнергии на базе водной энергии зависит от общего количества осадков в данном году, и ее величина (без гидроаккумулирующих гидроэлектростанций) колеблется в пределах 5 ТВтч. В случае зачета лишь 50% производства на гидроэлектростанции Габчиково (в связи с включением части Венгрии) это производство представляет грубо 3,8 ТВтч, что равно 58% использования потенциала [5].

Перспективные направления содержат:

- строительство гидроэлектростанций на реке Ипель;
- строительство гидроэлектростанции в черте Незбудска Лучка при Стречне на реке Ваг и гидроэлектростанции Середь;
- строительство малых гидроэлектростанций мощностью 1...3 МВт, главным образом на реках Грон и Ваг;
- строительство на остальных водных потоках гидроэлектростанций мощностью до 1 МВт, за исключением реки Орава.

Биомасса. Перспективные намерения затрагивают:

- совместное сжигание угля с древесными щепками;
- пиролизацию дерева в тепловых электростанциях;
- использование биогаза на малых электростанциях;
- использование сельскохозяйственной и лесной биомассы для энергетических целей.

Ветряная энергия. Для эффективного использования ветряной электроэнергии пригодны области с наилучшими ветряными условиями, которые представляют малую часть Словакии (установка ветряных электростанций в национальных парках является исключением). До 2010 г. в современных условиях предполагалось производство 200 ГВтч электроэнергии из ветряной энергии.

На основе приведенных перспектив развития можно пойти следующими путями:

- строительство новых ветряных парков;
- повышение мощности современных ветряных парков (Церова, Острая гора, Скалита при Чадци).

Геотермальная энергия. Использование геотермальной энергии рассматривается в рамках проекта геотермального источника энергии в Кошицкой котловине с электрической мощностью 5 МВт и с ожидаемой годовой выработкой электроэнергии 40 ГВт · ч.

Солнечная энергия. Использование солнечной энергии для выработки электроэнергии в связи с высокими финансовыми затратами в настоящее время не столь эффективно. В будущем можно применить использование солнечной энергии лишь на местах, удаленных от энергетических сетей.

Выработка тепла

Биомасса. Биомасса является возобновляемым энергетическим источником, который в будущем постепенно заменит значительную часть ископаемых топлив, используемых на выработку тепла и топлив для транспорта.

Общий годовой потенциал Словакии в производстве лесной биомассы, пригодной на энергетическое использование до 2010 г. достиг приблизительно 1 810 тыс т, что представляет 16,9 ПДж. После 2010 г. баланс лесной биомассы повысился за счет большей разработки дерева и культивированием энергетических насаждений на площади 45 400 га.

Перспективный источник топливной биомассы представляют энергетические насаждения быстрорастущих деревьев, однолетних и многолетних энергетических культур. Энергетические насаждения можно закладывать на площадях, непригодных для классической сельскохозяйственной и лесохозяйственной продукции, на площадях, временно исключенных из сельскохозяйственной деятельности, землях, загрязненных, пригодных лишь для продукции на непродовольственные цели, а также на девастированных и промышленных агломерациях.

Источником энергетически утилизированного дерева является также деревоперерабатывающая отрасль, которая создает 1 410 тыс т отходов ежегодно. Суммарная энергетическая оценка используемых отходов в деревообрабатывающей отрасли составляет 18,1 ПДж, в том числе $\frac{2}{3}$ с механической обработки дерева и $\frac{1}{3}$ из древесного угля. Наибольшими производителями отходов являются крупные деревообрабатывающие предприятия, которые эти отходы зачастую используют на энергетические цели. Другими возможными источниками являются продукция сельскохозяйственной биомассы — зерновая солома, стебли кукурузы, стебли подсолнечника, стебли озимого рапса, древесные отходы из садов и виноградников.

С 2010 г. явно повысилось производство биотоплива в связи с выполнением задач, установленных указаниями 2003/30/ЕС. Предполагаемая продукция бионефти в объеме 100 тыс т представляет энергетический эквивалент 11,0 ПДж тепла [115].

Производство биогаза из экскрементов сельскохозяйственных животных ежегодно может достигнуть 277 млн м³, что представляет 6,9 ПДж тепла [5].

Значительным источником биогаза являются очистные сооружения сточных вод. В настоящее время в эксплуатации имеется 24 когенерационные установки, в которых используется произведенный биогаз, и предполагается, что такие установки поставят на всех очистных сооружениях крупных городов.

В сельском хозяйстве теоретически можно произвести биомассу с энергетическим эквивалентом почти 46,5 ПДж без ущерба сельскохозяйственному производству.

Подробно задача использования биомассы задана в концепции использования сельскохозяйственной и лесной биомассы на энергетические цели, которую правительство Словакии обсудило в декабре 2004 г. и одобрило соответствующим постановлением 1149/2004.

Геотермальная энергия. В настоящее время геотермальная энергия в Словакии используется почти в 36 местах с потребляемой тепловой мощностью 131 МВт. Суммарный теплоэнергетический потенциал геотермических вод во всех перспективных областях Словакии представляет 5 538 МВт. Современное состояние в области использования геотермальной энергии недостаточно удовле-

творительно с точки зрения потенциала, который содержит этот возобновляемый источник энергии.

Используемый тепловой потенциал геотермального тепла оценивается в 1 200 МВт.

Солнечная энергия. Приблизительная оценка показала, что в середине 1990-х гг. в Словакии монтировалось от 500 до 700 м² коллекторов в год, а уже в 2000 г. — 3 000 м². С 2000 г. число устанавливаемых коллекторов быстро росло до начала 2003 г., когда солнечные коллекторы были переведены на более высокие налоговые тарифы, а именно в тех случаях, когда были частью сооружения. Это сделало коллекторы невыгодными по сравнению с ископаемыми топливами, и именно это стало одной из причин стагнации их монтажа.

В 1997 г. в РС было активно использовано 30 000 м² солнечных коллекторов. В конце 2004 г. количество солнечных коллекторов главным образом служащих в качестве источников тепла для подогрева бытовой воды и нагрева воды в бассейнах уже насчитывалось около 50 000 м². По этим причинам мощность их составила 500 кВт · ч / м² в год, что представляет тепловой энергетический эквивалент 25 ГВт · ч или 90 ТДж. Инсталляция солнечных коллекторов в последующие годы составляет более чем 5 000 м² / г [5].

Возобновляемые источники энергии и альтернативные топлива в транспорте

Основной стратегией использования возобновляемых и нетрадиционных источников топлив в эксплуатации транспорта является стратегия постоянно поддерживаемого развития транспорта, одним из главных атрибутов которого является снижение зависимости от нефти использованием альтернативных видов моторного топлива и повышением энергетической эффективности отдельных видов транспорта.

Моторные топлива: сжиженный нефтяной газ, сжиженный пропан-бутан и сжатый природный газ пока представляют у нас, с современной точки зрения, определенную альтернативу моторным бензину и дизельному топливу как дешевые и экологически более благополучные горючие вещества. Однако необходимо учесть, что это ископаемые топлива, которые являются невозобновляемыми

энергетическими источниками, их производство очень тесно связано с добычей и переработкой нефти.

Выполнение индикативных целей постановления 2003/30 ЕС о поддержке использования биотоплива обусловлено одобрением и реализацией «Национальной программы развития биотоплив» [115]. Выполнение этой программы даст возможность значительному развитию в области биодобавок в моторные масла (в связи субъектов «растениевод (птицевод) — переработчик — производитель биодобавок и топлив — дистрибьютер — потребитель»). Индикативные цели использования биотоплив, исходящие из приведенного постановления, представляют 2% в конце 2005 г. и 5,75% в конце 2010 г., подсчитанного на основе энергетического объема моторных топлив.

4.14 Используемый потенциал возобновляемых источников энергии по отдельным видам источников, включая оценку производства до 2020 г.

В таблицах 4.12—4.14 представлены данные Министерства хозяйства Словакии о производстве электроэнергии и тепла из возобновляемых источников энергии в 2002 г. и прогнозный расчет получаемой

Т а б л и ц а 4.12 — Производство электроэнергии из возобновляемых источников энергии [5]

Источник	Производство в 2002 г., ГВт · ч
Крупные гидроэлектростанции	4 924,000
Малые гидроэлектростанции	245,000
Биомасса	153,000
Ветряные электростанции	0
Геотермальная энергия	0,320
Биогаз	6,000
Солнечная энергия	0,001
И Т О Г О	5 328,321

Т а б л и ц а 4.13 — Расчет производства электроэнергии из возобновляемых источников энергии до 2020 г. [5]

Источник	Используемый потенциал для производства электроэнергии, ГВт · ч	Расчет производства в 2010 г., ГВт · ч	Расчет производства в 2020 г., ГВт · ч
Крупные электростанции	5 600	4 950	5 300
Малые электростанции	1 000	350	600
Биомасса	1 300	350	1 300
Ветряные электростанции	600	200	550
Геотермальная энергия	60	0	40
Биогаз	500	50	500
Солнечная энергия	1 540	0	10
И Т О Г О	10 600	5 900	8 300

Т а б л и ц а 4.14 — Расчет производства тепла [5]

Источник	Используемый потенциал, ТДж	Расчет производства тепла в 2010 г., ТДж	Расчет производства тепла в 2020 г., ТДж
Биомасса	75 600	25 000	44 000
В том числе:			
дендромасса	47 000	20 000	34 000
сельскохозяйственная биомасса	28 600	5 000	10 000
Биогаз	6 900	2 000	5 000
Геотермальная энергия	22 700	200 (1 000)*	3 000
Солнечная энергия	34 000	300	3 000
И Т О Г О	139 200	27 500	55 000
<i>Примечание.</i> * Реализация отопления геотермальной энергией в Кошицах.			

энергии в 2020 г. Из таблиц наглядно видно, что в 2020 г. производство электроэнергии из возобновляемых источников повышается в 2 раза, соответственно, производство тепла увеличивается более чем в 2 раза. Производство биотоплива в 2020 г., по сравнению с 2010 г., увеличится в 3 раза (табл. 4.15).

Т а б л и ц а 4.15 — Расчет производства биотоплив (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Источник	Расчет производства в 2010 г., ТДж	Расчет производства в 2020 г., ТДж
Биотопливо	5 000	15 000

В приведенных расчетах использования возобновляемых источников энергии для производства электроэнергии, тепла и в транспорте в 2010 г. выходит, что из них можно получить 53,7 ПДж энергии. Это означает, что в 2010 г. их доля составляет 6,7% в рассматриваемой грубой отечественной потребности энергии 800 ПДж. В 2020 г. рассчитывается использование возобновляемых источников в размере 100 ПДж, что будет составлять 12% — часть грубой отечественной потребности энергии.

4.15 Рост потребности в электроэнергии

На уровень жизни населения в Словакии так же, как на достижение уровня, сравниваемого с высокоразвитыми странами ЕС, оказывает влияние, кроме прочего, достаточное количество электроэнергии за цену, которая обеспечит не только конкурентоспособность экономики, но и ее доступность для граждан.

Рост экономики за последние годы обеспечивался также снижающейся энергетической потребностью, о чем свидетельствует показатель суммарной потребности электроэнергии, которая выросла в 2004 г. (по сравнению с 1995 г.) на 6,5%, причем за то же время валовой национальный доход вырос в постоянных ценах на 35,7% [5].

Дальнейший рост потребления электроэнергии представляет значительный фактор для стратегического планирования на всех уровнях. На потребление электроэнергии влияет множество факторов, из которых ключевым является цена. Поэтому предполагаемое увеличение потребления электроэнергии на дальнейшее время представляет большую степень неопределенности.

В предполагаемом росте общего потребления электроэнергии получалось ежегодное увеличение на 1,2%. В этом росте предусмотрены принятые экономические мероприятия на стороне

потребления (табл. 4.16). Выходило это из прежнего роста производства, и за основу взяты данные 2001 г., т. е. так называемая максимальная выработка 32 ТВт·ч, которая в отдельные годы снижалась по причине остановки производственных электроэнергетических источников. До конца 2008 г. это снижение представляло 7,2 ТВт·ч. Одновременно в предполагаемом росте производства электроэнергии было учтено влияние мероприятий, как направленных на повышение мощностей производственных источников, так и направленных на строительство новых производственных источников.

Из предполагаемого возможного производства электроэнергии очевидно, что постепенно с 2007 почти до 2010 г. производство электроэнергии не покрывает необходимую потребность (см. табл. 4.16).

После остановки ядерного реактора JE V1, несмотря на мероприятия, направленные на повышение имеющихся мощностей без реализации постройки новой производственной мощности, покрыть расчетную потребную электроэнергию не удастся даже если будут реализованы всяческие мероприятия, направленные на снижение суммарной потребности электроэнергии. Для выполнения цели энергетической политики — обеспечить такой объем производства электроэнергии, который покрывает спрос — необходимо заменить

Т а б л и ц а 4.16 — Предполагаемый рост суммарной потребности электроэнергии и максимально возможного производства электроэнергии (по данным Министерства хозяйства Словакии), ТВт·ч [5]

Год	Потребность	Производство	Разность
2006	29,4	31,0	1,6
2007	29,7	28,4	-1,3
2008	30,1	28,7	-1,4
2009	30,5	26,1	-4,4
2010	31,0	26,5	-4,5
2015	32,9	38,1	5,2
2020	34,8	38,1	3,3
2030	38,0	35,5	-2,5
<i>Примечание.</i> 1 ТВт·ч = 10 ¹² Вт.			

остановленную атомную электростанцию JE V1 надежным источником, который будет способен обеспечить производство электроэнергии на экономически эффективном принципе.

В связи с окончанием производства электроэнергии на JE V1 необходимо сбалансировать переходный дефицит между потреблением и производством электроэнергии. Вышеприведенное можно решить:

- закупкой электроэнергии на внутреннем рынке ЕС;
- закупкой электроэнергии на третьих рынках;
- принятием мероприятий, направленных на снижение потребления электроэнергии;
- принятием мероприятий, направленных на повышение мощности имеющихся производственных устройств.

Ключевой темой для решения вопроса о том, которая из возможностей будет реализована, является:

- цена электричества и расчет ее будущего роста;
- мощность передаваемой части — способность реализовать межпограничную передачу электроэнергии;
- эффективность мероприятий, направленных на снижение потребления электроэнергии.

Точно так же необходимо будет в наибольшей мере обеспечить использование возобновляемых источников энергии.

Предполагается, что в 2015 г. после введения в эксплуатацию в 2015 г. блоков 3 и 4 ядерной электростанции в Моховце и после реализации новых устройств, использующих возобновляемые источники энергии, будет достаточное количество электроэнергии. После 2020 г. в результате остановки атомной электростанции JE V2 в связи с окончанием ее работоспособности, избыточное производство электроэнергии закончится [5].

4.16 Обеспечение целей энергетической политики — предложение форм и способов обеспечения

Обеспечение производства электроэнергии, необходимой для покрытия спроса

Достигнуть одной из главных целей энергетической политики, которой является обеспечение такого объема производства элек-

троэнергии, который покрывает спрос на экономически эффективном принципе, можно лишь в том случае, если обеспечить достаточное количество производственных источников для ее выработки. Реализовать эту главную цель энергетической политики можно [5]:

- повышением мощностей имеющихся производственных установок;
- постройкой новых производственных установок.

Повышение мощностей имеющихся установок требует реализации таких мероприятий, которые направлены на существующие в настоящее время следующие источники:

- ядерная электростанция V2 в Ясловских Богуницах;
- ядерная электростанция в Моховцах (реакторы 1 и 2);
- теплоэлектростанция в Новаках;
- теплоэлектростанция в Воянах.

Решения по мероприятиям, направленным на постройку новых производственных установок, будут исходить из того предположения, какую роль в будущем сыграют отдельные энергетические источники для удовлетворения потребности. Перспективными являются следующие виды производственных установок:

- ядерная электростанция (реализация достройки ядерных реакторов 3 и 4);
- гидроэлектростанции (строительство гидроэлектростанции на реке Ипель, соответственно на другом водном потоке);
- электрически используемые возобновляемые источники (например, биомасса, солнечные источники, ветряные источники);
- электростанции с комбинированной выработкой электроэнергии и тепла;
- теплоэлектростанции.

При окончательном планировании конкретных мероприятий, которые будут обеспечивать цели энергетической политики, будут ориентироваться на экономически эффективные предложенные решения и возврат средств, затраченных на реализацию.

Подробности о реализации развивающихся направлений, направленных на повышение эффективности имеющихся производственных источников, так же, как и на строительство новых источников с расчетом предполагаемых приростов мощностей и производства электроэнергии, раскрыты далее.

4.17 Пути развития, направленные на повышение мощностей, создание новых источников

В 2004 г. электроэнергетические установки произвели 30,6 ТВт · ч электроэнергии, и ежегодное производство электроэнергии, произведенное этими установками в ТВт · ч, приведено в таблице 4.17.

В результате решения, принятого в 1999 г., о постепенном закрытии двух блоков атомной электростанции В1 (JE V1) с установленной мощностью 880 МВт, снизилась выработка электроэнергии ежегодно до 2008 г. на 5,6 ТВт · ч. Дальнейшее снижение выработки электроэнергии по 2,5 ТВт · ч произошло в результате закрытия некоторых блоков теплоэлектростанций так и независимых производителей. В результате закрытия электроэнергетического оборудования установленная мощность снизилась на 1 974 МВт и выработка электроэнергии снизилась на 8,2 ТВт · ч (табл. 4.18).

Т а б л и ц а 4.17 — Структура производственных установок по мощности и ежегодное производство (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Вид производственного устройства	Установленная мощность к 01.01.2004 г., МВт	Производство электроэнергии к 31.12.2004 г., ТВт · ч
Ядерное	2 640	17,00
Тепловое	3 319	9,40
Водное	2 507	4,20
Другое	12	0,03
И Т О Г О	8 478	30,60

Т а б л и ц а 4.18 — Предполагаемые закрытия электроэнергетического производственного оборудования до 2010 г. (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Производственное оборудование	Мощность, МВт	Годовая выработка, ТВт · ч (расчет)	Предположительный год закрытия
Электростанция Новаки А	54	0,2	2008
Электростанция Новаки Б	220	0,6	До 2010
Электростанция Вояны 1	220	0,7	2006
Электростанция Вояны 2	220	0,1	2006

Окончание табл. 4.18

Производственное оборудование	Мощность, МВт	Годовая выработка, ТВт · ч (расчет)	Предположительный год закрытия
Атомная электростанция Богунце	440	2,8	2006
			2008
Независимые производители	200	0,9	2010
И Т О Г О	1 794	8,1	2010

Если Словакия и далее захочет обеспечить выравненный электроэнергетический баланс, то необходимо, кроме замены закрытых мощностей, принять такие мероприятия со стороны потребителя, которые бы обеспечили экономию (реализация проектов энергетической эффективности), а также и реализацию мероприятий, направленных на повышение мощности существующего производственного оборудования после 2010 г., а в случае надобности — реализацию введения новых производственных мощностей. Реализация перспективных путей, направленных на повышение мощности существующих производственных источников, так же, как и введение новых производственных мощностей, дают возможность определить прирост мощностей и выработки электроэнергии до 2015 г. в определенном объеме (табл. 4.19; табл. 4.20).

Т а б л и ц а 4.19 — Расчет прироста мощностей и выработки на основе повышения мощностей существующих производственных ресурсов (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Производственный ресурс	Мощность, МВт	Выработка, ТВт · ч	Расчет затрат в условиях 2005 г., млрд ск	Предположительные годы прироста мощностей и выработки
Атомная электростанция В 2	120	0,7	2,1	До 2010 г.
Ядерный блок А — замена устаревших котлов	0	0	1,1	До 2008 г.
Атомная электростанция в Моховце, блоки 1 и 2	62	0,4	1,6	До 2012 г.
И Т О Г О	182	1,1	4,8	—

Т а б л и ц а 4.20 — Расчет прироста мощностей и выработки на основе введения новых производственных ресурсов (по данным Министерства хозяйства Словакии) [5]

Введение новых производственных ресурсов	Мощность, МВт	Выработка, ТВт·ч	Расчет расходов ценах 2005 г., млрд ск	Предполагаемые годы прироста мощностей и выработки
Электростанция Новаки — постройка флюидного котла	125	0,6	5,4	До 2009
Постройка гидроэлектростанции на реке Ипель	600	0,9	11,0	До 2015
Достройка атомной электростанции в Моховце (блоки 3 и 4)	942	6,3	45,0	До 2012
Постройка новых установок, используемых возобновляемые источники энергии	360	1,5	20,0	До 2015
Постройка новых источников для комбинированной выработки электроэнергии и тепла	600	3,6	10,0	До 2015
И Т О Г О	2 627	12,9	91,4	—
С У М М А	2 809	14,0	96,2	—

При повышении мощностей на существующих станциях до 2007 г. был реализован I этап повышения мощностей блоков 1 и 2 на атомной электростанции в Моховце на 44 МВт и расчетной выработки 0,3 ТВт·ч. Из расчетов дальнейших приростов мощностей и выработки электроэнергии до времени остановки атомной электростанции В1 (JE V1) очевидно, что потери суммарной установленной мощности и выработки электроэнергии не удастся возместить, и Республика Словакия станет импортером электроэнергии.

После остановки JE V1 и других источников после 2008 г. снизилась установленная мощность на 1 374 МВт и выработка электроэнергии на 6,6 ТВт·ч. Если учесть в потерях установленной мощности еще и установки независимых производителей, то в 2010 г. выработка электроэнергии снизилась на 8,1 ТВт·ч. В случае реализации мероприятий, направленных на строительство новых производственных ресурсов после 2008 г. можно предположить, что к 2015 г. начнется постепенный рост новых мощностей более чем на 2 500 МВт и выработки электроэнергии на 13 ТВт·ч.

4.18 Безопасность и надежность поставки различных форм энергии в необходимом количестве и качестве

Задачей каждого государства является обеспечение безопасной, надежной технически и технологической развитой, экологически и экономически приемлемой эксплуатации энергетических систем и сетей. Эту задачу возможно реализовать, прежде всего, мероприятиями, направленными на повышение безопасности и эксплуатационной надежности систем и сетей [49].

Электроэнергия

В связи с остановкой атомной электростанции В1 в Ясловских Богуницах необходимо обеспечить усиление ресурсов передаваемых линий, а именно[5]:

- введение новых линий;
- повышение проводящих емкостей существующих линий;
- строительство новых межграницных связующих линий.

Для обеспечения безопасности и надежности поставок электроэнергии важную роль играет оптимизация управления передаваемыми системами в реальном времени. Это требует, прежде всего, модернизации управляющей, информационной и телекоммуникационной систем, необходимых для управления передаваемой системы.

Повышение надежности поставки, обеспечение качества и защиты окружающего пространства требует принятия мероприятий, направленных на развитие дистрибуторных систем таким образом, чтобы были способны удерживать качество поставок электроэнергии для конечного потребителя, а также предложить связанные с этим службы на экономически эффективном принципе. Это требует, главным образом, строительства, реконструкции и регулярного поддержания линий, распределителей и трансформаторов, а также введения прогрессивных управляющих и информационных систем.

Ключевую роль для выработки, передачи и продажи электроэнергии имеет мониторинг предложения и спроса с целью создать условия для устранения дисбаланса в реальном времени.

4.18.1 Перспективные пути для достижения безопасности и надежности поставки энергии

Электроэнергия

1. *Выработка электроэнергии.* Перспективные пути повышения безопасности и надежности эксплуатации энергетических производственных агрегатов направлены:

- на повышение безопасности атомных электростанций;
- реконструкцию теплоэлектростанций таким образом, чтобы они выполняли эмиссионные лимиты;
- реконструкцию гидроэлектростанций с целью обеспечения выполнения задач по защите вод.

2. *Передаточная система.* Приоритетом для достижения безопасности и надежности поставки энергии в будущем является преодоление падения снабжения электроэнергией в связи с остановкой ядерного реактора V1. В этой связи будущие перспективные пути, направленные на достижение безопасности и надежности систем, можно реализовать с помощью:

- реконструкции трансформаторной подстанции Крижованы—Медзиброд;
- постройки новых межгосударственных связующих линий с Венгрией, Польшей, Украиной и Австрией с целью повышения мощности передачи передаточной системы;
- усиления мощности существующих связующих линий;
- построения новых линий VVN (400 кВ) Лемешаны—Молдова, Медзиброд—Ружемберок, Габчигово—Велки Дюр;
- реконструкции существующих 400 кВ линий VVN;
- постройки новых линий для передачи электроэнергии в качестве замены линий мощностью 220 кВ;
- реализации постройки трансформаторной станции для прямой трансформации 400 кВ на 110 кВ на электростанции в Лемешанах;
- реализации мероприятий, направленных на удержание качества поставок электроэнергии постройкой компенсирующих устройств на третичных трансформаторах Лемешаны—Капушаны—государственная граница с Украиной;
- дооборудования диспетчерского управления необходимыми информационными и управляющими системами;

- дооборудования оптической инфраструктуры с целью усиления коммуникационной сети, необходимой для управления передачей;
- переоценки продажи передаточных ресурсов существующих связующих линий.

3. *Дистрибьютерная система* включает:

- реализацию мероприятий, направленных на повышение качества поставок электроэнергии для конечных покупателей;
- реконструкцию распределителей и трансформаторов с целью повысить эффективность поставки электроэнергии конечному потребителю;
- усовершенствования измерения поставляемой электроэнергии с целью повысить качество поставки электроэнергии для конечного потребителя, а также эффективности поставок;
- дооборудование управляющих, информационных систем, необходимых для управления дистрибьютерной системой;
- реализацию мероприятий, направленных на снижение расходов и тем самым цен за предложение дистрибьютерных служб.

Природный газ

Для природного газа ключевой задачей является безопасность его поставок. На безопасность поставок в значительной мере влияет емкость подземных хранилищ, а также взаимное объединение отдельных передаточных сетей. Направление новых инвестиций необходимо будет сосредоточить, главным образом, на развитие сетей и на повышение их безопасности.

Перспективные пути повышения безопасности и надежности передачи и дистрибуции газа направлены:

- на усиление межгосударственного объединения с Австрией (Баумгартен);
- исследование возможности диверсификации поставки газа посредством газопровода Набуссо;
- дооборудование диспетчерского управления необходимыми информационными и управляющими системами;
- реализацию мероприятий, направленных на повышение качества поставок газа и на снижение расходов на поставки газа;
- расширение дистрибьютерной сети с учетом потребностей рынка и экономически эффективных инвестиций;

– реконструкцию и модернизацию газовых установок с использованием новейших технических знаний в этой области [5].

Через Словакию в год переправляется до 90 млрд м³ газа, что одновременно является важным моментом в области безопасности поставки газа. В будущем предполагается дальнейший рост этой передаточной сети. Необходимо решить, насколько можно повысить ее мощность при относительно низком уровне инвестиций (в сравнении с новыми путями).

Если речь идет об отечественном источнике газа, то реальность такова: в будущем разница между отечественными источниками газа относительно низка, что вовсе не означает, что эти источники не будут использоваться. Их использование обусловлено экономической эффективностью.

Важной частью поставки газа в рамках ЕС являются долгосрочные договора. Их необходимо и в дальнейшем сохранять в качестве безопасности для газовых компаний при планировании снабженческой и передаточной мощности.

С точки зрения снижения односторонней зависимости поставок природного газа необходимо поддерживать возможности повышения безопасности заготовки природным газом части поставок из других источников или другими транспортными путями. При решении вопроса об обеспечении поставок газа из других источников или новыми транспортными путями важным фактором является цена природного газа, т. е. экономическая выгода поставок газа из диверсифицированного источника. Решение диверсификации поставок газа должно обсуждаться в двух плоскостях, а именно в технической и коммерческой. Словакия охотно участвует в проектах, которые решают альтернативные возможности поставок газа для стран Европы, включая Республику Словакию. Целесообразно искать возможности использования проектов строительства таких газопроводов и для газового рынка Словакии. В рамках открытия рынка с природным газом перспективным является участие в следующих проектах (рис. 4.5):

– создание совместного газологистического торгового центра в Австрии;

– строительство газопровода Набукко, идущего от восточных границ Турции к Австрии и реализованного в содружестве Австрии, Венгрии, Румынии, Болгарии и Турции.



Рисунок 4.5 — Существующие и проектные газопроводы Словакии [5]

С позиций безопасности поставок газа речь идет как о безопасности хранилищ, так и о технической безопасности газовых установок.

В связи с подготовкой нового закона ЕС, целью которого является создание совместного стандарта по безопасности поставок, необходимо установить сферу деятельности и ответственность отдельных участников рынка с природным газом и обеспечить, поставки природного газа для потребностей домохозяйства для малых предприятий, которые не имеют возможности быстро поменять энергетический источник.

При обеспечении безопасной и надежной поставки природного газа в достаточном объеме для всех сегментов потребителей в дальнейшем необходим мониторинг поставок, а именно:

- соответствие предложения и поставки природного газа, с одной стороны, и спроса и потребления природного газа, с другой стороны;
- уровень ожидаемой будущей потребности природного газа и доступных поставок;
- предполагаемые и планируемые передаточные, дистрибуторные и хранимые мощности;
- мероприятия для покрытия пиковой потребности природного газа;
- мероприятия для предотвращения срыва поставок природного газа;
- обеспечение технической безопасности газовых устройств;
- качество и уровень обслуживания сети.

Мониторинг безопасности поставок газа необходимо проводить заблаговременно, чтобы могли быть совершены надлежащие мероприятия до того, как возникнет угроза безопасности поставки.

Ресурсы, которыми в настоящее время можно пользоваться и которые способствуют безопасности поставок, представляют подземные хранилища газа, мощность которых составляет около 2,5 млрд м³ и долгосрочные договора. В будущем необходимо поддерживать также сотрудничество между газовыми компаниями соседних государств, развитие нарушенных поставок и использование предложений ликвидного рынка с газом. Другим решением, направленным на обеспечение поставок газа, является создание и поддержание сетевой инфраструктуры и строительство новых мощностей [5].

Нефть

Нефть из России доставляется нефтепроводом «Дружба», мощность которого составляет 21 млн т ежегодно. В качестве альтернативы для Словакии служит еще нефтепровод «Адрия» с годовой мощностью 4,65 млн т. Возможно и одновременное использование нефтепроводов «Адрия» и «Дружба». В случае присоединения нефтепровода «Адрия» с запланированным румынско-сербско-хорватско-итальянским нефтепроводом Констанца—Терст Словакия получила бы доступ к каспийской нефти. Другой возможностью является снабжение РС посредством системы нефтепроводов «Дружба» путем ответвления на отрезке к Чехии (исключенной возможности в настоящее время снабжением нефтью нефтепроводами «Дружба» и «Адрия»), которым возможно прийти при определенных условиях и к нефти, поступающей с другого источника, кроме России. Условием является результат договора с потребителями в Республике Чехии и последующее введение технического решения о резервном потоке нефтепровода.

С точки зрения снижения односторонней зависимости поставки нефти необходимо поддержать возможность повышения безопасности снабжения нефти обеспечением части поставок из других источников или другими транспортными путями. Словакия также заинтересована в участии в проектах, которые решают альтернативные возможности поставок нефти для стран Европы. Речь идет о реализации проекта «Одесса—Броды» для перекачки каспийской нефти в Европу и реализации проекта соединения «Братислава—Швехат» (рис. 4.6) [5].

Тепло

Поставки тепла составляют значительную часть словацкого энергетического сектора. До 1990-х г. особое значение придавалось централизованному снабжению теплом, которое соответствовало принципу эффективного использования энергии. Изменившиеся цены на электричество и природный газ для населения вылились в тенденцию отсоединения от теплоцентрали и перехода к индивидуальному отоплению газом или электричеством. Эта ситуация, однако, в последнее время из-за роста цены газа явно меняется.

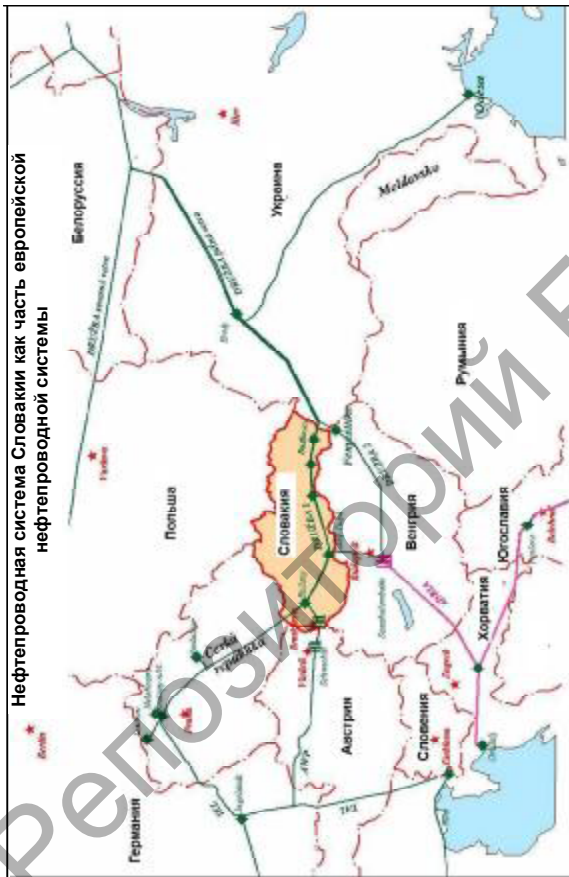


Рисунок 4.6 — Возможности снабжения Словакии нефтью [5]

В настоящее время еще почти 85% жилья снабжаются теплом от централизованной системы, которая объединяет отопление от теплоцентралей, блочных котелен и поставки тепла от промышленных предприятий.

Производство тепла обеспечивают также частные центральные энергетические источники промышленных предприятий. Особое положение тут имеют тепловые системы промышленных предприятий и общественной энергетики, в которых внедряется наиболее эффективный способ использования топлива при комбинированном производстве электрической энергии и тепла. В последнее время появился повышенный интерес к строительству малых станций для комбинированного производства электричества и тепла. Ожидается, что этот тренд будет и дальше продолжаться.

Развитие тепловой энергетики Словакии в ближайшем будущем будет ориентировано на более широкое применение возобновляемых источников энергии на основе использования биомассы и геотермальной энергии. Основанием для этого является мотивированно установленная цена на тепло. Использование этих источников возможно также в результате внедрения новых высокоэффективных технологических устройств на ТЭЦ. Предполагается также использование солнечных коллекторов, которые в настоящее время используются лишь sporadически [5].

4.19 Снижение энергетической потребности и повышение ее энергетической эффективности

Снижение энергетической потребности является одним из основных принципов постоянно сохраняемого развития. Постоянное развитие должно обеспечить одновременно потребности граждан без ограничения возможности удовлетворять будущим поколениям их личные потребности. Для достижения постоянного развития необходимо:

- поменять производственные технологии в областях производства и потребления;
- изменить методы и опыт в областях производителя и потребителя.

В интересах обеспечения развития Словакии необходимо, чтобы составной частью постоянного развития стали и постоянные решения, и технологии, и используемые доступные частные энергетические источники [49].

Снижение валового потребления энергии можно достичь прежде всего форсированием таких инвестиций, с помощью которых обеспечивается более высокая энергетическая мощность по сравнению с мероприятиями, требующими достаточных инвестиций на повышение производственной мощности, либо мероприятиями, направленными на прекращение поставок энергии в случаях, когда есть предпочтительные инвестиции мощным и экономически выгоднейшим решениям с учетом позитивного влияния на окружающее пространство. Снижение энергетической потребности на дальнюю перспективу принесет также снижение негативных влияний на окружающее пространство, прежде всего снижением эмиссии парниковых газов, и этим приведет к выполнению решений Киотского протокола.

Постоянное развитие и влияние энергетики на окружающее пространство

Энергетика относится к отраслям, которые в большой степени загрязняют окружающее пространство. Неизбежной частью научных прогнозов развития человечества являются проблемы обеспечения достаточной энергией и в то же время обеспечение качественного окружающего пространства. Взаимоотношение между энергетикой и биосферой является в настоящее время одной из важнейших стратегических задач решения глобальных проблем окружающей среды, и потому развитие энергетики должно соблюдать принцип постоянного развития.

Постоянное развитие означает обеспечение насущных потребностей граждан, не ограничивая возможности будущего поколения удовлетворять их частные потребности. Для достижения постоянного развития необходимо частично изменить технологии, методы и опыт не только со стороны производства, но и со стороны потребителя. С точки зрения постоянного развития энергетики необходимо также постепенный переход от использования невозобновляемых источников энергии к использованию возобновляемых источников энергии.

Общая потребность в энергии и структура энергетического хозяйства Словакии является одним из определяющих факторов степени влияния энергетики на окружающее пространство. Поэтому необходимо обеспечить гармоническое отношение энергетики и окружающего пространства, главным образом, путем внедрения надлежащих технологий, которые будут использовать, в основном, возобновляемые источники энергии, и оснащения классических энергетических технологий устройствами для защиты окружающего пространства с большей эффективностью. Все энергетические источники должны использовать способы, которые положительно влияют как на здоровье людей, так и на окружающее пространство.

Реализация энергетической политики, с точки зрения постоянного развития, имеет цель снизить неблагоприятное воздействие энергетики на окружающее пространство продвижением программ, которые позволяют повысить долю пригодных для окружающего пространства и экономически приемлемых энергетических систем, прежде всего на базе новых и возобновляемых источников, и внедрением более эффективных и менее загрязняющих способов трансформации, передачи, дистрибуции и использования энергии при справедливом и равномерном снабжении энергией как в настоящее время, так и в будущем.

Если количество энергии и влияние на окружающее пространство находится в прямой зависимости, то наилучшим мероприятием является рационализация спроса энергии. Экономии энергии можно достичь:

- элиминацией изменения цен на энергию;
- доступностью информации об экономии энергии;
- обязательными энергетическими аудитам;
- внедрением новых и уточненных существующих норм потребления;
- обязательным обозначением потребителей энергии.

Наибольшее влияние энергетики на окружающее пространство выражается:

- 1) в эмиссии парниковых газов;
- 2) эмиссии загрязняющих веществ;
- 3) сточных водах;
- 4) производстве отходов;
- 5) производстве радиоактивных отходов [5].

4.20 Цели экономической политики, связанные с влиянием энергетики на окружающее пространство

1. *Снижение эмиссии парниковых газов реализуется посредством решения следующих задач:*

- редуцировать эмиссии парниковых газов в течение 2008—2012 гг. на 8% в сравнении с 1990 г. (требование Киотского протокола);

- создать исходные условия для предпосылок следующего целевого периода: обеспечить последующие 5% редукции эмиссии парниковых паров;

- достичь контроля над ростом эмиссии парниковых газов таким образом, чтобы тренд роста был постепенно ослаблен до стабилизации после 2015 г.;

- с соответствующим опережением разработать стратегию на достижение падения эмиссии парниковых газов.

Словакия закрепила свои амбиции по снижению парниковых газов до 2020 г. в «Стратегии выполнения требований Киотского протокола». Для достижения целей Киотского протокола необходимо государственное сотрудничество. Одной из возможностей международного сотрудничества может быть торговля эмиссиями, поэтому необходимо улучшить государственное сотрудничество и развитие диалога по окружающему пространству, энергетике и транспорту с нацеленностью на сотрудничество в этих областях. Одной из возможностей международного сотрудничества является торговля с эмиссиями CO₂, введение новых технологий, инноваций и наилучших доступных техник, повышение использования ядерной энергетики и сотрудничество в области науки и развития.

Снижению эмиссии парниковых газов в энергетике послужит более высокая энергетическая эффективность производства электроэнергии и поддержка эффективнейших конверсионных технологий и облегченных топлив, а также рост доли энергии из возобновляемых источников энергии и высокоэффективного комбинированного производства тепла и электричества.

Республика Словакия — сигнальная страна Киотского протокола — в настоящее время имеет лимит эмиссии парниковых газов (приблизительно 25%). Благодаря своей доле производства электричества

с ядерного источника, в настоящее время Словакия относится к странам с очень низкими удельными эмиссиями CO_2 , рассчитанными на произведенную энергию. Удельная эмиссия CO_2 в 2003 г. достигла 203 кг / МВт · ч.

Для снижения эмиссии необходимо выполнить также требования, установленные в документах Европейского Союза, которые определяют следующие приоритеты:

- согласовать области, которые приводят к экономической и энергетической эффективности используемых изделий; поддержка источников энергии с благоприятным влиянием на окружающее пространство и использование возобновляемых источников энергии с целью обеспечить равное предложение и спрос на энергию;

- лимитировать государственное развитие в согласии с природными условиями и потенциалом;

- рационально использовать природные источники;

- поддерживать развитие комбинированного транспорта [5].

2. *Снижение эмиссии загрязняющих веществ предусматривает:*

- повышение доли потребления топлив с более низким содержанием загрязняющих веществ на единицу энергии (замена топлив);

- проведение подходящих мероприятий для снижения эмиссии загрязняющих веществ: главным образом оксидов серы, углерода, азота и других твердых загрязняющих веществ.

К основным загрязняющим и дополнительным загрязняющим веществам относятся: твердые загрязняющие вещества, оксиды серы, обозначенные как сернистый оксид (SO_2), оксид азота (NO_x), оксид углеродный (CO_x), ароматические вещества, органические вещества (например, NM VOC), которые имеются в угарных газах в газовой фазе, представленные в виде целого органического углерода, дибензодиоксиды и дибензофураны.

В рамках защиты воздушного пространства нужно переходить к дальнейшей экологизации ресурсной базы с целью снижения выпуска продуктов загрязняющих веществ в воздушное пространство. К основным загрязняющим веществам, выпускаемым в воздушное пространство при производстве электричества и тепла с ископаемых топлив относятся: ТЗВ, оксиды серы (SO_2), оксиды азота (NO_x) и оксиды углерода (CO_x). В последние годы явно снизились эмиссии оксидов серы, азота и твердых загрязняющих веществ, причем

это положение было вызвано падением потребления твердых топлив, таких как черный и бурый уголь, а также тяжелых топливных масел. Согласно закону по охране воздушного пространства в Республике Словакии приняты установленные лимиты эмиссии — допускаемые концентрации вредных веществ, которые должны выделять устройства, сжигающие ископаемые топлива. Их величины согласованы с величинами эмиссионных лимитов, установленных в законах Европейского Союза.

В ближайшем будущем в Словакии будет осуществляться позитивный тренд постепенного снижения вредных веществ, поступающих в воздушное пространство. Это снижение является результатом постепенного уменьшения доли производства электричества и тепла на электростанциях, работающих на ископаемом топливе, при росте в настоящее время использования реконструированных источников с прогрессивными псевдосжиженными технологиями сгорания и надежной эксплуатацией технологии очистки продуктов сгорания. Качественным показателем состояния продуктов загрязняющих веществ является развитие удельных эмиссий 110 МВт-ных блоков (12 блоков на электростанции Вояаны и 4 блока на электростанции Новаки), относящихся на единицу произведенной электроэнергии из ископаемых топлив.

3. *Соблюдение лимитов загрязнения в сточных водах, а также нагрузки небезопасными веществами, которые угрожают качеству поверхностных и подземных вод и почвы.* Сточные воды из электростанций имеют, прежде всего, характер вод с охлаждающих процессов и вод, намываемых пепел на отстойники. Производят их как тепловые электростанции, так и ядерные электростанции.

4. *Снижение количества отходов, ограничение их образования и предупреждение их сбора перед обезвреживанием.* С точки зрения типов отходов, наибольшее количество отходов при производстве электроэнергии происходит при сгорании угля в тепловых электростанциях. Зола, возникающая при сжигании угля (пепел, шлак, гарь) и стабилизированная зола образуют приблизительно 97% всех отходов, производимых в *СЕ а.с.* Количество этих отходов, как результат более низкого производства электрической энергии из угля, постепенно падает. Общество *СЕ а.с.* производит ежегодно примерно 1,4 млн т отходов различных категорий. По категории отходов вырабатывает 0,1% опасных отходов, а остальные отходы

составляют 99,9% от всего количества отходов. Отходы с тепловых электростанций *СЕ а.с.* во всем производстве отходов составляют 98%, отходы с ядерных электростанций — 1,89% и с гидроэлектростанций — 0,11%.

В газовой отрасли ежегодно производится более 11 тыс. т отходов (состоят из более 50 типов), возникающих при эксплуатации (как, например, ремонт и эксплуатация газопроводов, ремонт и эксплуатация объектов и технологических устройств, ликвидация технологических устройств, очистка транзитной части и т. п.) и обслуживающих вспомогательные действия (транспорта, администрация, очистка водохозяйственных участков и т. п.).

Газовая отрасль отличается использованием и, соответственно, потреблением большого количества масляных продуктов. Количество потребляемых продуктов и количество возникающих отходов масла обусловлено инвестиционным строительством, реконструкциями и ликвидациями объектов и технологических установок, чисткой транзитной части, очисткой водохозяйственных участков и т. п.

5. Разработка и поддержание процесса разгрузки сгоревшего ядерного топлива и процесса ликвидации ядерноэнергетических установок. Сгоревшее ядерное топливо можно определять как вещество, которое получило облучение в активной зоне реактора и было из нее извлечено. Основы концепции разгрузки сгоревшего ядерного топлива и радиоактивных отходов представлены в постановлениях правительства Словакии 930/1992, 190/1994 и 4/2001.

Жидкие РАО производят концентраты, осадки, сорбенты и масла, причем концентраты представляют наиважнейшую часть. Данные о всем производстве концентратов на ядерных электростанциях свидетельствуют о снижении их производства и повышении переработки этих концентратов. Систематический подход к решению проблемы ликвидации радиоактивных отходов проявляется в снижении продуктов твердых и жидких отходов, наблюдаемых в последние годы. Повышенное производство радиоактивных отходов в 1997—1998 гг. было связано с реконструкционными работами на некоторых ядерных устройствах.

Твердые РАО — это фильтры, железные детали, бетонные перекрытия, сгоревшие и спрессованные РАО. В ядерном реакторе имеются твердые РАО, предварительно измельченные в месте возникновения в соответствии с требованиями их последующей

переработки и активации. Точно собранных данных о возникновении твердых РАО, в связи с их складированием, невозможно привести, потому что некоторые сгоревшие отходы учтены производственными лишь в штуках, либо в тоннах, в зависимости от способов складирования. Ликвидация РАО состоит из затвердевания жидких РАО битумом и цементом и последующего складирования твердых РАО.

Продолжительное развитие обеспечения потребностей граждан энергией в условиях Словакии, характеризуемых в настоящее время более чем 50%-м производством электроэнергии из ядерно-энергетических производств, требует постоянной поддержки мероприятиями, направленными на обеспечение ядерной безопасности при энергетическом использовании ядерной энергии, и мероприятий по комплексному решению всего жизненного цикла таких производств. Это означает вложение достаточных инвестиций на ликвидацию ядерных установок и на утилизацию произведенного сгоревшего ядерного топлива, а именно так, чтобы не привело к неблагоприятным воздействиям на окружающее пространство. Исполнение целей энергетической политики в области постоянного обеспечения ядерной безопасности и эксплуатационной надежности ядерных электростанций означает как использование ядерной энергии в Словакии на основе долгосрочной концепции, так и включение всех фаз жизненного цикла ядерно-энергетических установок.

Характер эксплуатации ядерно-энергетических производств, в соответствии с политикой ЕС, требует регулирования в области ядерной безопасности, обеспечения независимым и профессиональным регулируемым органом. Потенциал регулируемого органа должен быть достаточным в целенаправленных регулируемых рамках для безопасного использования ядерной энергии.

Задачи для реализации поставленных целей:

- поддерживать и улучшать экологическое образование участников рынка с энергией и повышать экологические знания всех соприкасающихся субъектов;
- последовательно поддерживать и активно применять действующий экологический закон;
- ориентировать развитие энергетики на такие технологии, которые снижают негативное экологическое влияние;
- разработать мероприятия, которые дают экономное использование энергии и сырья и поддерживают возобновляемые источники энергии;

- проводить постоянную профилактику аварий и актуализировать методы аварийной подготовки;
- постоянно отслеживать и оценивать показатели, которые оказывают влияние на окружающее пространство;
- информировать об экологических воздействиях;
- вести открытый диалог с общественностью в области окружающего пространства.

Повышение энергетической эффективности. Одной из возможностей снижения энергетических расходов является повышение энергетической эффективности. Энергетическая эффективность является областью, которая затрагивает все области экономики, охватывающие мероприятия по обеспечению экономии энергии как со стороны производителя, так и со стороны потребителя.

Повышение энергетической эффективности является результатом многих решений, главным образом, со стороны государственной и общественной служб, третьего сектора, как индивидуальных потребителей, так и производственных потребителей, а также и со стороны производства, а именно применением новых доступных технологий, мероприятий экономии при передаче, транспортировке и дистрибуции энергии. Повышение энергетической эффективности в конечном счете проявится как общая экономия энергии.

Повышением энергетической эффективности достигается снижение потребностей в средних источниках энергии, что проявится в снижении зависимости от их доставки, снижении нагрузки на окружающее пространство, а также и в снижении цен на энергию для потребителей.

Мероприятия, ориентированные на повышение энергетической эффективности, следующие:

- информационная кампания, ориентированная на широкую информацию о потреблении энергии;
- создание простора для комфортных и действующих энергетических служб;
- установление стандартов энергетической эффективности потребителей;
- поддержка развития и создания устройств и инновационных технологий с высокой энергетической эффективностью.

Другие конкретные мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности, представлены далее [5].

4.20.1 Мероприятия, ориентированные на повышение энергетической эффективности

1. Разработать концепцию энергетической эффективности в качестве основного концептуального документа.

2. Разработать комплекс законодательных и институциональных мероприятий, которые создадут условия, позволяющие реализовать мероприятия, ориентированные на повышение энергетической эффективности в отдельных секторах экономики.

3. Обеспечить координацию активностей, ориентированных на реализацию мероприятий по повышению энергетической эффективности в рамках центральных органов и региональных и местных властей.

4. Предложить поддерживающие программы, которые содержат приоритеты и мероприятия, направленные на поддержку энергетической эффективности.

5. Разработать региональные энергетические концепции, ориентированные на энергетическую эффективность, и обеспечить мониторинг их выполнения.

6. Подготовить информационную кампанию, ориентированную на повышение знания потребителей об энергетической эффективности и, кроме того, о потреблении и энергетических расходах, о доступности и надежности энергетически эффективных технологий, о преимуществах текущей экономики, о возможностях финансирования мероприятий, ориентированных на энергетическую эффективность и т. д.

7. Поддерживать введение новых норм потребления.

Со стороны производства должны быть мероприятия, ориентированные на снижение потребления энергии повышением энергетической эффективности отдельных энергетических источников и оптимизации производства тепла и электричества в случае использования иных форм энергии [49].

Конкретными *мероприятиями для повышения энергетической эффективности* являются следующие:

1. Повышение эффективности тепловых электростанций обновлением существующих производственных установок для достижения более низкого потребления классических топлив, расходов на производство электричества и тепла, уменьшения неблагоприятных

экологических потрясений и повышение объема вспомогательных служб и эксплуатационной приспособленности с целью:

- снижения собственного потребления при существующей эксплуатации тепловых электростанций с помощью замены устаревших установок на современные меньшей мощности и с более низкими энергетическими расходами;

- замены морально и физически изношенных производственных установок на новые с прогрессивными техническими параметрами;

- снижения потребления топлива, необходимого для запуска и стабилизации производства, с использованием плазменных стабилизационных горелок;

- использования отработанного тепла для производства пара или горячей воды в качестве возмещения за тепло отобранное паром;

- снижения затрат в тепловых трубах;

- оптимизации поставки тепла.

2. Повышение экономической эффективности цикла сгорания с ориентированием на улучшение использования ядерного топлива, использование новых модифицированных систем мониторинга и внутриреакторного контроля эксплуатационных параметров ядерного топлива и активной зоны. Более полного использования ядерного топлива возможно достичь применением профильного топлива с выгорающими абсорбентами, повышением начального обогащения топлива, увеличением средней величины выгорания и времени нахождения топлива в реакторе. Другой возможностью является продолжение топливной кампании.

3. Повышение мощности ядерных электростанций обеспечением использования существующих консервативных производственных резервов и реализацией программ модернизации ядерных электростанций и инновацией технологических установок с возможностью инсталляции новых турбин большей мощности и эффективности.

4. Повышение эксплуатационной надежности и безопасности подготовкой и реализацией программ управляемого старения ядерно-энергетических установок с целью определить изменения состояния этих установок, следить и оценивать их долговечность и на основе таких полученных данных оптимизировать содержание текущих ремонтов, регулировок и неструктивного контроля. Применением диагностических систем и своевременной диагностикой состояния

предупреждаются возможные отказы и неплановые остановки установок, позволяющих сократить длительность остановок блоков при плановых ремонтах во время замены топлива и снизить повреждаемость блоков, что приводит к повышению эффективности производственного устройства.

5. Увеличение использования гидроэнергетического потенциала реконструкциями, ориентированными на повышение эффективности энергетической замены или использование рационализаторских мероприятий. Другой возможностью является повышение ритма электростанции подъемом уровня в емкости, вычерпанием соответственно русла оттока.

6. Снижение затрат при передаче и дистрибуции, а именно: на передачу и дистрибуцию электричества, газа и тепла. Оптимизацией эксплуатации, управления и введением новых технологий минимизировать затраты при передаче и дистрибуции энергии от производителя к конечному потребителю.

Мероприятия, ориентированные на потребителя. Потребитель энергии ориентирован на промышленность, домашнее хозяйство, третий сектор (предпринимательство), транспорт и энергетику, что дает большие возможности по направлению к достижению экономии энергии:

- снизить высокие технологические требования к созданию грубого домашнего продукта в промышленности;

- форсировать внедрение технологии и процессов, которые в максимально возможной мере соответствуют требуемой энергии при выработке необходимой мощности;

- достигнуть максимального использования потенциала экономии тепла как в предпринимательской, государственной и коммунальной областях, так и в домашнем хозяйстве.

Ориентирование на приоритетные проекты экономии тепла, которые имеют низкие инвестиционные расходы при максимальных прибылях — реконструкция и изоляция тепловых трубопроводов. В зданиях применяются гармоничные технические нормы, заложенные на основе энергетической сертификации зданий, установление теплотехнических требований на новые и обновленные здания, регулярный контроль котлов, теплотехнических установок и климатизации в зданиях.

В домашних хозяйствах, где тренд потребления электричества имеет поступательную тенденцию, что обусловлено, главным образом, комфортом граждан в обустройстве домашнего хозяйства новыми потребителями, важно повышать грамотность граждан в предпочтении и использовании энергетически эффективных устройств.

Для третьего сектора надо будет разработать программу на установление энергетических стандартов для канцелярских потребителей (программа *Energy Star*) и освещения.

Повышение энергетической эффективности транспорта из-за роста автомобильного транспорта определенным способом влияет на энергетические требования экономики. С точки зрения ограничения объема водного и авиационного транспорта, путь к экономии энергии ориентируется на предпочтительное использование железнодорожного транспорта перед автодорожным и общественного транспорта перед индивидуальным. Значение водного транспорта будет расти вне зависимости от ожидаемого сравнительно быстрого подорожания нефти и значения авиационного транспорта в соответствии с развитием хозяйства, единого авиационного рынка и зарубежных инвестиций.

В энергетическом секторе повышения энергетической эффективности предполагается достигнуть посредством модернизации, введения новых технологий и оптимизации процессов повышенной безопасности, надежности, производительности и качества производства. Во время производства электрической энергии и тепла предлагается комбинированное производство энергетически эффективного варианта в случае, если имеется заявка на обеспечение потребности теплом [5].

4.21 Состояние науки и развитие энергетики

Наука и развитие энергетики при любой экономике является предметом приоритета. В настоящее время главной проблемой науки и развития энергетики является в основном низкий уровень финансирования и тот факт, что в секторе народного хозяйства для науки и развития в энергетике не создано какого-либо самостоятельного научного учреждения.

В прошлом исследования были сосредоточены в области ядерной энергетики, угольных, газовых и гидроэнергетических источников. Исследования и развитие в области возобновляемых источников были недостаточны. Обеспечить соответствующее развитие в этой области с учетом многих форм источников чрезвычайно тяжело. Комплексное и, прежде всего, успешное решение представляется трудным без финансовой поддержки в этой области.

Научная деятельность была финансирована из государственных средств посредством «Государственных программ науки и развития» и «Государственных заказов науки и развития». Для области энергетики была создана отдельная государственная программа науки и развития «Внедрение прогрессивных принципов производства и преобразования энергии» на 2002—2005 гг. с перспективой от 2010 г. [5].

Приоритетом ориентирования науки и развития являются такие области энергетики, которые дадут всеобщую пользу, результатом которых будет введение таких технологий, которые повысят конкурентоспособность словацкой экономики. Для поддержания конкретных проектов, ориентированных на международное сотрудничество, используются финансовые средства из так называемых структурных фондов.

4.21.1 Наука и развитие энергетики

Наука и развитие в секторе энергетики является в любой промышленной системе предметом приоритетного интереса. Наука и развитие пока что не достигает в энергетике Словакии желаемого объема, который был бы сравним с промышленно развитыми странами мира. Это положение привело к распаду и радикальному снижению научного потенциала в энергетике и к распылению высококвалифицированных кадров. Главной сегодняшней проблемой науки и развития в энергетике Словакии является низкий уровень финансирования. Наука и развитие ориентировались, главным образом, на ядерные, угольные, газовые и гидроэнергетические источники. Наука и развитие в области возобновляемых источников энергии были недостаточными. Однако проект приоритетных задач науки и развития до 2015 г. исходит из намерения обеспечить

соответствующее развитие использования возобновляемых источников энергии. Для решения проблем развития энергетики как сектора промышленности не создано ни одного пригодного научного учреждения (самостоятельного или в рамках Словацкой академии наук, например, Энергетический институт Словацкой академии наук). Решением некоторых вопросов занимается ряд организаций (VÚJE, a.s. Трнава, VUPEX, a.s. Братислава, EGÚ, s.r.o. Братислава, EVPÚ, a.s. Новая Дубница, VÚEZ, a.s. Левице, а также в технических университетах Братиславы, Кошице и Жилины) [49].

Одним из явных трендов современного развития науки и техники в мире является рост международного сотрудничества. Словакия открыта для этого сотрудничества, однако должна одновременно учитывать свои реальные возможности этого участия. Поэтому понятно, что внимание, прежде всего, будет уделено сотрудничеству в рамках европейского научного пространства. Европейский договор предлагает ЕС законные основы для мероприятий, ориентированных на поддержку европейского сотрудничества в науке и техническом развитии. Основным инструментом международного научно-технического сотрудничества в Европе является рамочная программа Европейского союза по науке и техническому прогрессу.

Сотрудничество с другими партнерами (главным образом с США и Японией) будет лимитировано возможностями, которые предложат отдельные партнеры, например, связи Словакии с международными организациями. Приоритетными являются прикладные и фундаментальные исследования. Наука и развитие будут направлены больше всего в такие области энергетики, при которых результаты исследования будут внедрены в условиях Словакии и принесут общечеловеческую пользу. Результатом должно быть внедрение технологии, которые будут конкурентноспособными с наиболее развитыми зарубежными странами.

Приоритеты в науке и развитии в области энергетики. Новые и продвинутое технологии:

а) новые технологии преобразования, транспортировки и аккумуляции энергии (водородное хозяйство, усовершенствованные электроды, передаточные свойства электрических проводов на напряженных поверхностях передаточной и дистрибуторной частях, топливные элементы, тепловые насосы, системы аккумуляции энергии, системы централизованного снабжения теплом,

сверхпроводные тороиды, сверхпроводные передачи энергии, холодная диффузия, прогрессивная аккумуляция тепла, системы и стандарты качества в энергетике);

б) системная и региональная энергетика (анализ стратегических преимуществ в иерархических структурах энергетике, моделирование взаимодействия системной и региональной энергетике, эффективность, экологичность и социальность эксплуатации, развития и согласованности системной и региональной энергетике, эксплуатация электростанций с возобновляемыми и альтернативными источниками на региональном уровне, энергетическое использование отходов, анализ развития и синергетических эффектов энергетических частей в независимых иерархических структурах);

в) технологии выключения ядерных установок и утилизации выгоревшего ядерного топлива (технологии экономического и безопасного выключения ядерных установок из эксплуатации, технология загрузки продуктами дополнительной части топливного цикла ядерной электростанции, технология утилизации радиоактивных отходов на республиканской свалке в Моховицах).

4.21.2 Постоянное развитие

По плану развития энергетике в Словакии постоянное развитие включает [5]:

а) микрорегиональные системы возобновляемых источников энергии: (специфика технологии использования биомассы, солнечной, ветряной и геотермальной энергии, малой водной энергии и энергии теплового разделения пространств, системная эксплуатация используемых возобновляемых источников энергии, управление микрорегиональной энергетической системы);

б) экономизация и экологизация энергетике: (симбиоз больших и малых энергетических источников, анализ инвестиционных вариантов в системной и региональной энергетике, экономичность развития и эксплуатации энергетических частей и ограничение их негативного влияния на окружающее пространство, конкуренция энергетических систем и их элементов, ликвидация энергетических отходов, энергетические службы для потребителей, хозяйственное использование первичных и вторичных энергетических источников, менее

эффективных топлив, тепла из отходов, новые методы анализа потребностей форм энергии, экономические и экологические системы управления качеством, оптимизация систем продажи энергии, моделирование элементов либерального рынка с энергией, улавливание и геологическое захоронение CO₂ из продуктов сгорания электростанций, работающих на ископаемых топливах);

в) управление потреблением (*demand side management — DSM*) и рационализация потребления энергии: (системы рационального потребления энергии, программы рационального потребления энергии, экономические и экологические эффекты и редукция производства и транспортировки энергии разумным потреблением, новые методы анализа потребления энергии, системное управление потребления электрической энергии).

4.21.3 Инновации, новые методы исследования, развития и образования

Большое внимание в развитии энергетики Словакии уделяется следующим факторам [5]:

а) надежность и безопасность электрических систем (предупреждение крупных аварий, социальных и экологических потерь большого объема, надежный и безопасный анализ энергетических систем и их элементов, системные и технические мероприятия для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации энергетических систем, надежность и безопасность регулятора в либеральном пространстве, новые методы моделирования надежности и безопасности источников, транспортных путей энергии и дистрибуции энергии, оптимизация надежных и безопасных организационных систем, обеспечение образования и практики на тренажерах для электрических станций, разводов и сетей);

б) грамотная энергетика (система знаний об энергетике, энергетическая философия и энергетические знания, творческие и развитые исследования, познавательные системы, экспертные и образовательные системы, познавательные модели постоянно поддерживаемого развития энергетики, новые методы проектирования и эксплуатации информационных систем);

в) ядерная безопасность и надежность ядерно-энергетических устройств (предупреждение ядерных аварий и повреждений крупного объема, системная поддержка регулятора в области ядерной безопасности, развитие методов оценки старения важнейших компонентов ядерных установок, безопасность ядерно-энергетических установок при повышении их мощности).

4.21.4 Финансирование мероприятий энергетической политики

Обеспечение некоторых мероприятий, ориентированных на достижение целей энергетической политики на далекие горизонты, неосуществимо без прямой поддержки финансовыми средствами из общественных фондов. Это требование особенно актуально в случае реализации мероприятий, ориентированных:

- на использование возобновляемых источников для производства электричества и тепла;
- повышение энергетической эффективности;
- снижение энергетических затрат;
- развитие науки в энергетике.

Возможными источниками финансирования проектов в отдельных областях являются средства:

- реализаторов проектов;
- получаемые из структурных фондов ЕС;
- государственного бюджета;
- получаемые в результате реализации метода «Услуги—Приватизация—Партнерство»;
- полученные альтернативным способом (финансирование третьей страной).

Конкретные пути финансирования проектов из структурных фондов освещены в финансовой перспективе на 2007—2013 гг. Если речь идет о средствах из государственного бюджета, то необходимо исходить из согласования с правилами государственной помощи и принципов экономической эффективности [49].

Кроме вопросов финансирования, при использовании возобновляемых источников энергии для производства электричества и тепла ключевую роль играет внедренная регулятором ценовая политика.

Поэтому в дальнейшем основным направлением в этой области будет создание простора для стабильности регулировочных рамок, установление их на дальнейшие сроки (более 5 лет) таким образом, чтобы был обеспечен соответствующий возврат инвестиций. Этим самым реализатор отдельных мероприятий будет иметь ясные правила для расчета возвращения реализованной инвестиции.

Энергетическая политика Словакии является рамочным документом, который представляет исходные позиции для ориентации отдельных участников на энергетическом рынке Словацкой Республики в будущем. Он является открытым документом для всех изменений, которые в процессе реализации могут наступить.

Репозиторий Барнум

За последние несколько лет стоимость российского газа для Беларуси выросла более чем в 5 раз. Хотя цена все еще остается ниже средневропейской, однако ни для кого не секрет, что Беларусь сильно зависит от импорта природного газа из России. Около 97% электроэнергии Беларуси производится на основе переработки природного газа на теплоэлектростанциях. Производство 87% тепловой энергии также основано на голубом топливе.

По данным экспертов Всемирного банка, «энергетические тарифы для бытовых потребителей остались единообразными в реальном выражении с 2005 г., что позволяет удерживать расходы домохозяйства на коммунальные услуги в Беларуси на уровне ниже 10% от дохода домохозяйства, что намного ниже, чем в большинстве стран с развивающейся экономикой региона Европы и Центральной Азии» [116]. Тем временем текущие убытки предприятий коммунального обслуживания увеличились до 1,7% ВВП в 2009 г. «Возмещение убытков этих предприятий осуществляется на основе сложной, непрозрачной системы бюджетных субсидий, составляющих 0,3% ВВП и также значительного перекрестного субсидирования между коммерческими и бытовыми потребителями, составившего 2% ВВП в 2009 г.», — говорится в исследовании [116].

По мнению экспертов Всемирного банка, «энергетические субсидии имеют нецелевой характер и в значительной степени являются несправедливыми» [116]. «Они дают преимущество населению с более высокими доходами, имеющему более высокое потребление энергии на душу населения. Так 45% всех энергетических субсидий для коммунальных хозяйств идет к 30% домашних хозяйств в верхушке распределения доходов в сравнении с 15%, которые приходятся на самые нуждающиеся 30% домашних хозяйств. Домохозяйства в городской местности получают 82% субсидий», —

отмечается в отчете [116]. Кроме того, «устойчивое занижение цен лишило поставщиков энергии тех финансовых средств, которые необходимы для инвестиций и выполнения текущих мероприятий по техническому обслуживанию. Тем самым снижена эффективность и надежность энергоснабжения» [116]. «Низкие цены на энергоснабжение искажают ценовые ориентиры для населения, ведя к неэффективному потреблению, в то время как перекрестное субсидирование между коммерческими и бытовыми потребителями облагает скрытым налогом предпринимательский сектор сверх уже имеющегося большого налогового бремени», — говорится в докладе [116].

В ответ на увеличение бюджетной нагрузки правительство Беларуси намерено принять ряд мер. Согласно Госпрограмме развития белорусской энергетической системы (2011—2015 гг.), в 2013 г. должна быть проведена постепенная ликвидация перекрестного субсидирования для потребителей природного газа, в 2014 г. — для тепло- и электроснабжения. «Если это будет выполнено, как запланировано, то данные реформы приведут к значительной экономии бюджетных средств, но они потребуют резкого роста тарифов, что ударит по нуждающимся домохозяйствам и приведет к необходимости увеличения охвата и адекватности адресной социальной помощи», — говорится в докладе экспертов Всемирного банка [116]. Импортозамещающие производства альтернативных источников энергии должны быть созданы в Беларуси. Об этом в интервью корреспонденту БЕЛТА заявил первый заместитель премьер-министра Беларуси В. Семашко. По его словам, так называемая малая, альтернативная энергетика в последнее время приобретает все большую значимость не только в Беларуси, но и во всем мире. В Беларуси ставится задача: 30...31% энергии (электрической, тепловой) вырабатывать из возобновляемых местных сырьевых ресурсов. Уже реализуется соответствующая программа, согласно которой будет построено более 160 таких энергоисточников: мини-ТЭЦ, работающих на древесных отходах, торфе; котельных, использующих лигнин; гидроэлектростанций, биогазовых установок. Большое значение имеют биостанции, которые, используя растительные отходы и экскременты животных, дают электричество и тепло. В таблице 5.1 показано количество биогаза, которое можно получить из 1 т отходов.

Т а б л и ц а 5.1 — Количество биогаза, получаемого из одной тонны сырья, м³ [116]

Сырье	Полученное количество биогаза
Отходы производства вермишели и хлеба	657
Старое масло, жиры	600
Рапсовый жом с 15% жиров	552
Отходы хлеба	486
Патока	469
Растительные жиры	400
Куриный помет	332
Кухонные отходы	220
Восковые отходы	202
Травяной силос	195
Кукурузный силос	171
Зеленая резаная кукуруза	155
Пивные силосные отходы	129
Луговая трава	103
Свекла кормовая, резаная	93
Сахарная свекла силосная, резаная дольками	90
Свекла целая	70
Очистки картофеля	69
Моечные молочные отходы	39
Свиная мочевина	36
Спрессованные картофельные очистки	35
Коровий навоз	25

Кроме электроэнергии и тепла, биостанция дает прекрасное удобрение, которое более эффективно, чем обычное внесение навоза в почву. В таблице 5.2 можно увидеть, какой состав удобрения получается из различных отходов.

Т а б л и ц а 5.2 — Состав удобрения, получаемого из различного исходного сырья, % [5]

Сырье	Сухое вещество	NO _x , %	PO _x	KO _x
Коровий навоз	6...11	3,0...5,0	1,5...3,0	4,0...6,0
Свиная мочевина	4...7	7,0...10,0	4,0...6,0	3,0...5,0
Отходы молока	4...8	0,6...0,7	0,7...1,8	—
Отходы при производстве пива	21...22	4,0...5,0	1,0...1,5	0,8...1,2
Растительные отходы	5...15	3,0...4,0	0,6...0,8	1,0...1,1
Пищевые отходы	10...20	1,6...4,2	0,3...1,5	0,4...1,1
Биоотходы	40...60	0,5...2,0	0,4...0,8	0,5...0,8
Растительные жиры	10...15	3,0...6,0	1,0...3,0	0,1...0,2
Жиры с отходов	25...70	0,8...3,3	0,1...0,5	0,1...0,5

В таблице 5.3 показан состав биогаза, получаемого на биостанции. На рисунке 5.1 показан план расположения биостанции.

Строительство станции типовой конструкции [5] показано на рисунках 5.1—5.6.

Т а б л и ц а 5.3 — Состав биогаза, % [5]

Состав биогаза	Процентное содержание
Метан	40...75
Двуокись углерода	25...55
Водяной пар	0...10
Азот	0...5
Кислород	0...2
Водород	0...1
Аммиак	0...1
Сероводород	0...1

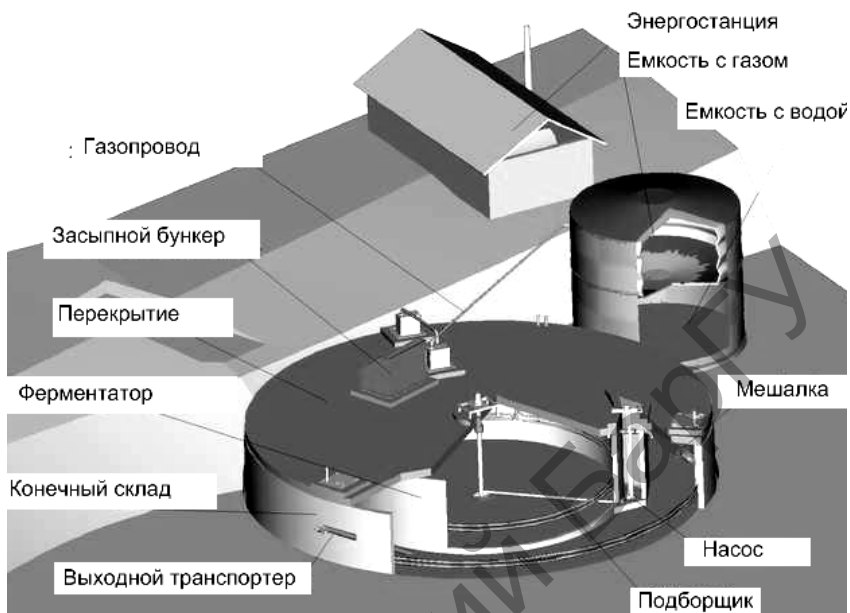


Рисунок 5.1 — План расположения биостанции [5]



Рисунок 5.2 — Ферментатор наружного исполнения [5]



Рисунок 5.3 — Рытье котлована под строительство биостанции [82]



Рисунок 5.4 — Подготовка арматуры для бетонирования стен [82]



Рисунок 5.5 — Бетонная конструкция ферментатора [82]

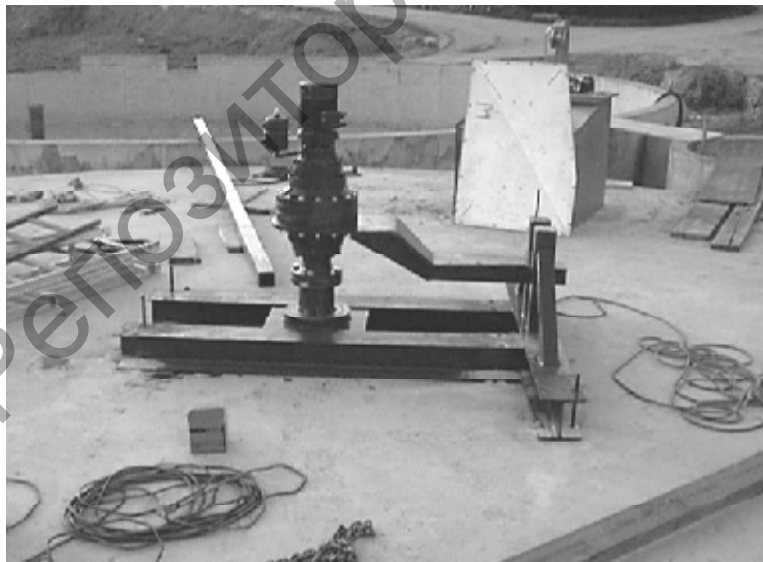


Рисунок 5.6 — Строительство перекрытия ферментатора [82]

Среди всех технологий самыми перспективными и надежными являются технологии на основе возобновляемых источников энергии, так как они неиссякаемы, есть в каждой стране, и экологически безопаснее, чем ТЭР, получаемые при сжигании органического топлива. К ВИЭ, которые имеют место и могут быть использованы в Республике Беларусь, относятся: энергия ветра, солнца, малых рек, водосбросов, различных видов биомассы, низкопотенциальное тепло рек, озер, земли. Лидерами в области ВИЭ являются четыре технологии: энергетика на основе биомассы, ветра, солнца и гидроэнергетика.

В качестве положительного примера можно назвать Пружанскую мини-ТЭЦ (Брестская область). В Пружанах, благодаря мини-ТЭЦ, на 30% снизили тариф на тепло и горячую воду. Это говорит о том, что уже сегодня такие мини-ТЭЦ могут конкурировать с теми, которые работают на газу. При этом важно, что Беларусь в состоянии обеспечить свои мини-ТЭЦ необходимым сырьем. По данным Национальной академии наук, запас древесины в Беларуси ежегодно увеличивается на 25...32 млн м³, а на переработку идет только 12,5...13 млн м³, причем около 30% этого объема остается в виде древесных отходов.

Существует две формы реализации древесины: первая — отпуск древесины населению и организациям на корню для заготовки дров. В 2006 г. по этой форме было отпущено порядка 600 тыс. м³ древесины (более 200 тыс. — для населения, свыше 300 тыс. — для организаций, в том числе райтопов, школ и больниц). Вторая форма реализации древесины производится в заготовленном виде. Она предназначена для тех, кто не имеет возможности заготавливать древесину в лесу самостоятельно. Организована такая продажа непосредственно в лесничествах, которых в республике более 900, они есть вблизи практически всех крупных населенных пунктов.

Еще один интересный вид биотоплива — топливные пеллеты из спрессованных стружек, опилок и других отходов. По энергоемкости они не уступают углю. В Беларуси уже существует около 30 предприятий, занимающихся выпуском пеллет. В настоящее время лесхозы участвуют в реализации государственной программы, которая предусматривает 25%-е замещение закупаемых за пределами республики ТЭР местными видами топлива. Биотопливо используется

на Осиповичской мини-ТЭЦ, идут поставки биотоплива на Вилейскую мини-ТЭЦ. Некоторые мини-ТЭЦ готовы сами производить щепу, некоторые используют поставки других. Что касается отходов деревообработки, то все соответствующие предприятия в радиусе 50 км от мини-ТЭЦ на конкурсной основе участвуют в поставках биотоплива. В 2007 г. было произведено и поставлено потребителям примерно 1 700 тыс. т условного топлива. Кроме того, согласно подписанному Президентом указу, предусмотрено начать выпуск отечественных машин для производства щепы. К сожалению, пока подобные агрегаты покупаются за границей. В числе приоритетов в области малой энергетики — расширение использования в народном хозяйстве биогазовых установок. В этом случае решаются и экологические проблемы, связанные с содержанием крупных животноводческих комплексов, птицефабрик. И в этой связи стоит задача, которая сегодня рассматривается, — это открытие таких установок отечественного производства. Для страны это экономия валютных ресурсов и обеспечение работой своих предприятий и своих людей.

Общий объем финансирования мероприятий по энергосбережению и использованию собственных энергоресурсов в Беларуси за 2011—2015 гг. составит более 8,6 млрд дол. США [4]. Среди задач, запланированных к реализации на 2011—2015 гг. в Беларуси, — это строительство и модернизация 221 энергоисточника на местных видах топлива суммарной электрической мощностью 120,3...128,3 МВт и тепловой мощностью 1 383 МВт. Строительство 102 биогазовых комплексов в организациях сельского и жилищно-коммунального хозяйства, микробиологической промышленности и на полигонах коммунальных и бытовых отходов суммарной электрической мощностью 77,8 МВт. В ближайшее время планируется внедрить экономические механизмы и стимулирующие тарифы для того, чтобы повысить спрос на энергию, вырабатываемую из нетрадиционных и возобновляемых источников, включая местные. Предприятия и организации Беларуси, не выполняющие доведенные задания по замещению природного газа местными видами топлива, будут платить на 36% больше за потребленный сверх норматива газ.

В Гомельском облисполкоме разработана программа строительства энергоисточников на местных видах топлива и возобновляемых источниках энергии на 2010—2015 гг. Выполнение намеченных мероприятий позволит увеличить объем использования местных

видов топлива на 62,3 тыс. ТУТ. Областная программа включает строительство и модернизацию 22 объектов энергетики. В частности, уже в нынешнем году планируется ввести в строй мини-ТЭЦ на предприятии «Речицкие электрические сети», где в качестве топлива будет использоваться торфобрикет, а также мини-ТЭЦ в Петрикове и городском поселке Октябрьском, которые будут работать на древесной щепе. На местном топливе работает 12 котельных, а всего запланировано построить и модернизировать 17.

Дополнительные объемы местных видов топлива, которые будут использованы на вышеперечисленных объектах, распределяются в долях следующим образом: 37,5% — древесная щепа; 32,5% — отходы промышленного производства и 30,5% — торф. На реализацию проектов предполагается направить 282,7 млрд бел. р., в том числе 70 млрд бел. р. составят средства местного бюджета и 89 млрд бел. р. — иностранные инвестиции.

5.1 Потенциал альтернативной энергетики

На семинаре по возобновляемым источникам энергии, который проходил в Беларуси, представитель департамента стратегической политики Минтопэнерго Украины заявил, что Украина пересматривает энергетическую стратегию и намерена отказаться от приоритетного развития атомной энергетики [32]. По его словам, в среднесрочной перспективе у государства есть потенциал заменить треть традиционной энергетики энергоэффективными технологиями и возобновляемыми источниками энергии. Он напомнил, что его страна первой в регионе внедрила «зеленый тариф». Привлечению инвестиций в отрасль должен содействовать и закон по поддержке альтернативной энергетики, который создал возможности для подключения к энергосети ветро- и солнечных электростанций. Также важны многочисленные и разнообразные льготы по уплате налогов для предприятий отрасли. Вместе с тем «некоторые нормы» закона до сих пор не действуют, т. е. упомянутые льготы для альтернативной энергетики «не действуют на 90%».

Тем не менее, ежегодный рост производства твердого биотоплива в Украине и его экспорт в страны Евросоюза достигает 20...30%. Этому способствует увеличение спроса на твердое биотопливо

в Европе и большие объемы сырья для производства топливных пеллет (гранул) в украинском сельском хозяйстве. Не исключено, что после увеличения цены газа для населения следует ожидать и роста внутреннего спроса на биотопливо, прежде всего со стороны владельцев частных домов. Завершение формирования рынка производства и потребления твердого биотоплива в Украине прогнозируется не ранее, чем за 10 лет [32].

5.2 Ускорение в Беларуси

В Украине делают ставку на альтернативную энергетику. В отличие от Украины, в Беларуси развитие альтернативной энергетики продвигается ускоренными темпами при полной поддержке государства [116]. Отставание страны в развитии энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии было обусловлено наличием льготных цен на российскую нефть и газ. Но после ряда конфликтов с Россией относительно цен на энергоносители правительство взяло курс на форсированное внедрение альтернативной энергетики и отход от энергетической зависимости от России.

Предсказуемость развития отрасли в Беларуси и первые успехи в этой области уже привлекли внимание европейских инвесторов. В частности, совместно с немецкой стороной разработан проект сооружения ветроэнергетического парка в Минской области, стоимость которого оценивается в 320 млн евро. Одним из позитивных сигналов для инвесторов является норма о льготном налогообложении инвестиций в развитие энергоэффективных технологий и возобновляемых источников энергии, которые осуществляются в течение 10 лет.

Беларусь собирается воспользоваться и опытом немецких специалистов в возможности развития солнечной энергетики. Специалисты из федеральной земли Бранденбург отметили, что условия солнечной активности в их регионе такие же, как и в Беларуси (рис. 5.7).

В настоящее время в республике эксплуатируются три биогазовых установки общей мощностью 1,19 МВт: в «Селекционно-гибридном центре “Западный”» Брестского района (0,52 МВт); в «Племптицезаводе “Белорусский”» Минского района (0,34 МВт), в «Гомельской птицефабрике» (0,33 МВт).



Рисунок 5.7 — Общий вид солнечных батарей [117]

Республиканской программой энергосбережения на 2006—2010 гг. (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь от 28.08.2009 г. № 1117) и отраслевыми программами энергосбережения в 2009—2010 гг. было запланировано строительство 13 биогазовых установок суммарной мощностью 12,5 МВт на объектах агропромышленного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства и др.

В настоящее время в стадии строительства находятся биогазовые комплексы на предприятиях Барановичского и Бобруйского водоканала. В ближайшие годы агрегаты для получения биогаза мощностью от 1 до 3 МВт будут смонтированы еще в нескольких сельскохозяйственных предприятиях страны, а также на ряде спиртовых заводов концерна «Белгоспищепром», на очистных сооружениях «Слонимводоканал».

Конечно, проекты по использованию биогаза окупаются не за год и не за два, а по прошествии 7—10 лет. Но о том, что они выгодны, свидетельствует информация субъектов хозяйствования о работе биогазовых комплексов. Также не следует забывать, что энергетический потенциал биогаза — это всего лишь примерно 23% суммарного эффекта от его использования. Около 31% приходится на эффект от использования получаемых при этом качественных удобрений, 46% — это экологический эффект, т. е. более чистая окружающая среда.

Уже разработаны и действуют несколько документов, призванных обеспечить стране энергетическую безопасность. Упор в них делается на использование собственных ресурсов и развитие нетрадиционных

источников энергии, доля которых в общем объеме производства электрической и тепловой энергии должна составить не менее 25%. Наша страна располагает значительными запасами торфа, а в качестве возобновляемых и нетрадиционных источников энергии рассматриваются дрова и отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, гидро- и геотермальные ресурсы, ветроэнергетический потенциал, солнечная энергия, биогаз из отходов животноводства и растениеводства, фитомасса, твердые бытовые отходы. Но и здесь не все так просто: одни проекты требуют значительных капиталовложений, другие имеют низкую отдачу, а какие-то не поддерживают экологи. Взять торф. Несмотря на то, что при его сжигании выделяются оксиды углерода, в республике планируют вернуться к показателям тех лет, когда производство энергии из этого сырья составляло порядка 1,2 млн т условного топлива. Из других важнейших нормативных правовых актов, принятых в последние годы по вопросам роста энергоэффективности экономики страны, в частности, использования альтернативных источников энергии (местных видов топлива, вторичных энергоресурсов, нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, следует отметить:

1. Концепцию энергобезопасности Республики Беларусь (утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 17.09.2007 г. № 433), определившую основные подходы к реализации заданий, установленных Директивой № 3, — общее снижение энергопотребления, диверсификация поставок топлива, увеличение использования НВИЭ.

2. Государственную комплексную программу модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в Беларуси собственных ТЭР на период до 2011 г. (утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 15.11.2007 г. № 575) (Сегодня Республика Беларусь ежегодно потребляет около 27 млн т котельно-печного топлива, более половины которого приходится на предприятия и организации «Белэнерго». Но вопросы рационального энергопользования, обновления производственных фондов, внедрения в практику хозяйствования новейших энергосберегающих технологий актуальны не только для энергетиков, но и для работников других отраслей. Экономика любого государства наилучшим образом развивается тогда, когда все они работают согласованно и в едином темпе, — вот почему так важно было объединить все

направления и аспекты энергосберегающей политики государства в единую комплексную программу).

3. Целевую программу обеспечения в республике не менее 25% объема производства электрической и тепловой энергии за счет использования МВТ и альтернативных источников энергии на период до 2012 г. (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2004 г. № 1680). В настоящее время в Правительстве на рассмотрении находится проект постановления Совета Министров об установлении министерствам и ведомствам, облисполкомам и Минскому горисполкому заданий по доле местных ТЭР в балансе КППТ до 2012 г., которым отменяется действие Целевой программы.

К слову, в 2010 г. доля собственных энергоресурсов (в том числе возобновляемых) в общем объеме потребленного КППТ должна была составить не менее 20,5%. Этого показателя удалось достичь уже в 2009 г. Своеобразной предпосылкой для этого стали не самые благоприятные погодно-климатические условия начала 2009 г.: январь оказался холоднее, чем в предыдущие годы, в среднем на 1,6%; февраль — более чем на 2%; март — на 1,5%, что и вынудило энергетиков и особенно коммунальщиков активнее вовлекать в топливно-энергетический баланс дополнительные энергетические ресурсы. В целом по стране использование МВТ и ВЭР в первой половине 2009 г. по отношению к такому же периоду 2008 г. увеличилось на 2,1% (115,2 тыс. ТУТ.). Наибольший прирост был обеспечен в Витебской и Гомельской областях, Минжилкомхозе, ГПО «Белэнерго» и концерне «Белнефтехим»).

4. Постановление Министерства экономики Республики Беларусь от 31.05.2006 г. № 91 «О тарифах на электрическую энергию, производимую в Республике Беларусь юридическими лицами, не входящими в состав Белорусского государственного энергетического концерна, и индивидуальными предпринимателями и отпускаемую энергоснабжающим организациям данного концерна». Документом, принятым с целью стимулирования производства электроэнергии на основе нетрадиционных и возобновляемых источников, а также на объектах малой энергетики, установлено, что такая энергия приобретается по тарифам на электрическую энергию для промышленных и приравненных к ним потребителей с присоединенной мощностью до 750 кВ. А с применением повышающих коэффициентов.

Все эти меры по упорядочению энергетического хозяйства страны, конечно же, дают свои плоды: если ВВП Республики Беларусь с 1997 по 2008 гг. возрос на 223%, то потребление ТЭР за этот же период увеличилось только на 6,5%. На 52,3% уменьшилась энергоемкость нашего внутреннего валового продукта, составившая в 2008 г. 310 кг (расход топлива в нефтяном эквиваленте на производство продукции стоимостью 1 тыс. дол. США по паритету покупательской способности). Для сравнения: в 2007 г. в России этот показатель оказался равным 420 кг, Украине — 410 кг. В 1990 г. для Беларуси он составлял 780, а в 1992 г. — 800 кг н. э. / тыс. дол. США.

Если в 2001—2005 гг. энергоемкость отечественного ВВП уменьшилась на 25,3%, то в следующей пятилетке данный показатель составил более 31,0%. Для достижения уровня развитых стран Беларуси в период 2010—2015 гг. энергоемкость отечественного ВВП предстоит снизить соответственно на 31 и на 28% — до 0,27 и 0,20 т н. э. / тыс. дол. США по паритету покупательной способности. К 2020 г. в топливно-энергетический баланс предполагается вовлечь максимально возможный с точки зрения экономической и экологической целесообразности объем НВИЭ — 9,72 млн ТУТ. Сегодня белорусская энергосистема способна ежегодно вырабатывать 33 млрд кВт · ч электроэнергии, но «режимом наибольшего благоприятствования» для ее функционирования является производство 36 млрд кВт · ч. Следовательно, 3 млрд кВт · ч нужно добавить за счет ввода новых высокоэффективных мощностей.

Специалистами ряда организаций проведены оценки энергетических потенциалов ВИЭ Республики Беларусь (табл. 5.4), что позволит уменьшить импорт органического топлива в объеме 10,5...17,9 млн ТУТ [118].

Т а б л и ц а 5.4 — Потенциал возобновляемых источников энергии и вторичных ресурсов [118]

Вид ресурса	Технический потенциал
Древесное топливо и отходы деревообработки, млн ТУТ	4,45...6,60
Биогаз из отходов животноводства, млн ТУТ	1,25...1,75
Ветропотенциал, млрд кВт · ч	2,24...15,65
Гидроресурсы, млрд кВт · ч	0,40...2,27

Окончание табл. 5.4

Вид ресурса	Технический потенциал
Солнечная энергия, млн ТУТ	0,50
Фитомасса, млн ТУТ	0,30
Лигнин, млн ТУТ	0,05...0,95
Коммунальные отходы, млн ТУТ	0,50
Низкопотенциальное тепло земли и технологические выбросы, млн ТУТ	1,50...2,00
Энергия пара котельных, млн ТУТ	0,32

К видам биотоплива, которые могут использоваться в Беларуси для получения тепла и электроэнергии, следует отнести древесную щепу, дрова, опилки, солому, все сельскохозяйственные культуры, биогаз. Древесные ресурсы для производства энергии предполагается увеличить с 1,8 млн ТУТ в 2007 г. до 2,6 млн ТУТ в 2011 г. В настоящее время на древесном топливе работают мини-ТЭЦ в г. Осиповичи и г. Вилейка, а также Белорусская ГРЭС с годовым потреблением плотной древесины 145 тыс. м³. За последние три года многие котельные переоборудованы в мини-ТЭЦ. Два предприятия — в Столбцах и Житковичах — планировалось запустить в 2010 г. Эти предприятия должны специализироваться на производстве древесных пеллет (древесных топливных гранул). Оборудованы предприятия российскими установками. Мощность по переработке древесной щепы каждого из предприятий составляет 1,5...2 т в час. Общая стоимость проекта составила 1 млн дол. США (по 500 тыс. дол. США на каждое предприятие).

В 2008 г. были созданы еще два таких же предприятия в Городке и Лиозно (Витебская область). Предприятия в основном экспортируют выпускаемое топливо, поскольку в Беларуси не освоены эффективные технологии сжигания такого топлива. Экспортироваться продукция будет до тех пор, пока не появится внутренний потребитель топлива.

В соответствии с источником [119] предполагается также использовать биомассу быстрорастущих растений на выработанных торфяниках площадью 180 тыс. га. В качестве таких культур могут

быть использованы ива, береза, тополь, ель. В Международном государственном экологическом университете имени А. Д. Сахарова в настоящее время проводятся исследования по выращиванию быстрорастущей ивы.

В Республике Беларусь насчитывается около 9 000 животноводческих ферм, комплексов и птицефабрик. Ежегодно в стране образуется около 30 млн м³ животноводческих стоков и отходов растениеводства, что позволило бы получить биогаз потенциалом около 2 млн ТУТ. Теплотворная способность одного кубического метра биогаза составляет в зависимости от содержания метана, от 20 до 25 МДж / м³. Кроме того, переработанные в биогазовых установках органические отходы превращаются в биомассу, которая содержит значительное количество питательных веществ и может быть использована в качестве биоудобрения и кормовых добавок. Значительным преимуществом биоудобрений перед навозом, перепревшим в естественных условиях, является то, что при сбраживании навоза в биогазовых установках погибает более 98% яиц гельминтов, патогенных микроорганизмов. После биогазовой установки 99% семян сорняков теряют всхожесть [120].

Сегодня в альтернативной энергетике направление номер один — биогазовые установки. В системе Минсельхозпрода запланировано строительство шести биогазовых комплексов. Сооружение двух таких комплексов было выполнено в Несвижском районе Минской области, это проекты со стопроцентными немецкими инвестициями. Первая биогазовая установка запущена в Минске. Подобные проекты активно прорабатываются также в системе ЖКХ, на водоканалах [119].

В Минском районе на предприятии «Белорусский» введена в строй одна из трех введенных по республике биогазовых установок, которая за 2008 г. выработала 2,41 млн кВт · ч электроэнергии и 2 640 Гкал тепловой энергии. Планируется ввести в ближайшее время еще одиннадцать биогазовых установок различной мощности. Среди источников альтернативной энергии особое значение для Беларуси имеют биогазовые комплексы. Республика располагает большим количеством сельскохозяйственных предприятий с достаточным объемом сырья для производства биогаза. Преобразуя навоз, биомассу и органические отходы в высококачественное удобрение, биогазовые комплексы производят одновременно электрическую

и тепловую энергию. Их внедрение повышает культуру производства на животноводческих комплексах и фермах, решает комплекс экологических проблем, связанных с утилизацией органических отходов.

Наша республика располагает значительными запасами торфа. Его ресурсы, отнесенные в разрабатываемый фонд, оцениваются в 250 млн т, что составляет 5,5% оставшихся запасов. Извлекаемые при разработке месторождений запасы оцениваются в 100...130 млн т.

Однако в настоящее время потребителем торфа является преимущественно коммунально-бытовой сектор, что сдерживает рост его потребления. Дальнейшее существенное увеличение использования торфа для топливных целей возможно за счет переоборудования действующих либо создания новых котельных и мини-ТЭЦ, предназначенных для работы на этом виде топлива.

В целях более широкого вовлечения торфа в топливно-энергетический баланс Республики Беларусь в 2009—2015 гг. планируется строительство нескольких мини-ТЭЦ на торфе, в том числе в г. Речица электрической мощностью 1,5 МВт и в г. Хойники электрической мощностью до 3 МВт, а также крупной электростанции электрической мощностью до 900 МВт в г. Зельва с использованием МВт в объеме не менее 30% от общего объема потребления топлива. Кроме того, в республике разработаны и внедряются котлы тепловой мощностью от 1 до 3 МВт, работающие на торфе.

Чтобы придать работе по вовлечению НВИЭ в топливно-энергетический баланс нужный темп и должную основательность, Министерство экономики Республики Беларусь на основании анализа законодательств отдельных государств Европейского союза и Содружества Независимых Государств совместно с заинтересованными государствами разработало проект Закона Республики Беларусь «О нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии» и выступило с ним перед Правительством. Законопроект имеет рамочный характер и определяет правовые, экономические, экологические и организационные принципы использования НВИЭ, содействия расширению их использования в топливно-энергетическом комплексе республики.

Цели разработки закона:

– определение и законодательное закрепление единых терминов, устранение противоречий и пробелов, существующих в нормативных правовых актах;

– установление основ правового регулирования этих общественных отношений;

– стимулирование использования в республике НВИЭ путем установления льготных режимов (налоговых, таможенных, инвестиционных и др.) посредством применения отсылочных норм к соответствующим законодательствам, что позволит идти по пути дальнейшего развития и совершенствования законодательства для комплексного решения проблем НВИЭ.

Указанный законопроект определяет в сфере производства и использования НВИЭ:

- основные термины и их определения;
- принципы и направления государственной политики, направления государственной поддержки;
- субъекты и объекты отношений;
- полномочия государственных органов;
- установление цен и тарифов на энергию, производимую из НВИЭ;
- обязанности производителей энергии из НВИЭ;
- порядок подключения установок по использованию НВИЭ к государственным электрическим сетям;
- научно-техническое, информационное и кадровое обеспечение;
- реализацию международного сотрудничества;
- ответственность за нарушение законодательства и др.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2008 г. № 2044 утверждена форма заключения об отнесении ввозимых товаров к оборудованию, используемому в производстве либо приеме (получении), преобразовании, аккумулировании и (или) передаче энергии, производимой из нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. В соответствии с действующим законодательством, ввозимое в Беларусь технологическое оборудование по производству либо приему (получению), преобразованию, аккумулированию и (или) передаче энергии, производимой из НВИЭ, освобождается от уплаты ввозной таможенной пошлины и налога на добавленную стоимость.

Помимо оптимизации топливно-энергетического баланса, увеличение использования НВИЭ в республике будет способствовать:

- совершенствованию структуры выработки электрической и тепловой энергии (созданию ТЭЦ на древесных отходах, ГЭС, ветроэнергетических и биогазовых установок и др.);

- обеспечению возможности использования второго вида топлива на части газовых котельных и, таким образом, повышению надежности теплоснабжения;
- утилизации отходов;
- созданию инфраструктуры, обеспечивающей заготовку, переработку и транспортировку древесного топлива;
- развитию в республике собственного производства машиностроительной техники [121].

Программа энергосбережения для правительства и в целом для нашей страны является основным элементом активной модернизации белорусской экономики. В Беларуси, в соответствии со стратегией развития энергетического потенциала Беларуси на 2011—2015 гг. и на период до 2020 г., планируют разработать систему стимулирующих тарифов на вырабатываемую из нетрадиционных и возобновляемых источников энергию. Данная мера предусмотрена для того, чтобы повысить спрос на энергию, вырабатываемую из нетрадиционных и возобновляемых источников, включая местные, как для населения, так и для промышленных предприятий. Прорабатываются также механизмы предоставления домохозяйствам энергетических грантов и субсидий, как это принято в европейских странах, для проведения энергосберегающих мероприятий. Сейчас для этого создаются определенные критерии. Если доля расходов на тепло- и электроэнергию в бюджете некоторых домохозяйств будет повышенной, государство готово предоставлять субсидии, ссуды, безвозмездную финансовую помощь в рамках целевой адресной помощи. Беларусь ежегодно увеличивает объемы финансирования энергосберегающих мероприятий. В 2010 г. на проведение энергосберегающих мероприятий в стране направлено 1,366 млрд дол. США. В результате была получена экономия 2,21 млн ТУТ. Для сравнения, в 2006 г. на энергосбережение было направлено 600 млн дол. США, в 2009 г. — более 1 млрд дол. США [121].

Согласно Государственной комплексной программе модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов на период до 2011 г. требуется обеспечить в текущем году снижение энергоёмкости ВВП на 31% к уровню 2005 г. За 2011—2015 гг. энергоёмкость

должна быть снижена не менее чем на 50%, а в последующие 5 лет необходимо выйти на уровень минус 60% [119].

До 2011 г. в Беларуси поставлена следующая задача: обеспечить долю МВТ в общем объеме потребляемых энергоресурсов в республике на уровне не менее 20,5%. В 2010 г. за счет реализации региональных и отраслевых программ энергосбережения получена экономия топливно-энергетических ресурсов в объеме 1,99...2,2 млн ТУТ. В 2010 г. Беларусь в энергобалансе вышла на долю МВТ на уровне 25%. В 2009 г. этот показатель составлял 21%. Планируется, что через два года доля МВТ возрастет до 30%, а в перспективе Беларусь намерена заместить большую часть импортируемых традиционных источников энергии своими [119]. В Беларуси уже построено около десятка мини-ТЭЦ, работающих на местных видах топлива. При этом наиболее эффективный для Беларуси проект реализован на Пружанской мини-ТЭЦ, которая была введена в эксплуатацию в 2009 г. В перспективе такие станции будут в каждом районе страны, что позволит повысить энергобезопасность страны, эффективность использования энергоресурсов. В Бресте идет строительство современного мусороперерабатывающего завода. Аналогов такого предприятия на территории СНГ в настоящее время нет. Завод позволит не только значительно снизить экологическую нагрузку, но и будет вырабатывать биогаз, которого будет достаточно не только для обеспечения работы самого предприятия, но также для выработки дополнительных объемов электроэнергии. В настоящее время завершена первая очередь строительства, которая включает в себя установку по обработке ила и осадков сточных вод. Вторая очередь предполагает строительство установки по переработке 100 тыс. т твердых бытовых отходов в год.

Реализация мероприятий программы позволит к концу 2015 г. снизить объем потребления природного газа до 2 млрд м³ в год, что в денежном выражении составит около 0,5 млрд дол. США. Кроме того, в 2015 г. республика сможет существенно увеличить возможности для экспорта электроэнергии по конкурентоспособным ценам: объем электроэнергии на внешний рынок достигнет 5 млрд кВт · ч в год [119]. В Минэнерго полагают, что темпы ввода новых генерирующих мощностей у конкурентов значительно отстают от ранее разработанных планов, а потому их экспортные возможности могут быть ограничены собственными потребностями. В связи с этим для

Беларуси открываются неплохие перспективы для экспорта электроэнергии.

Впрочем, у Беларуси тоже есть планы соответствующего масштаба: довести использование местных возобновляемых источников энергии до 25% к 2025 г. В настоящее время в общем объеме энергоресурсов, используемых в Беларуси, более 60% составляют газ и другие традиционные энергоносители. Доля же возобновляемых источников энергии составляет 7,3%.

Переход на альтернативные виды энергии в странах, не обладающих своими энергоресурсами, в том числе и в Беларуси, рассматривается и с позиций энергобезопасности. Проблему использования альтернативных источников энергии во всем мире сегодня связывают с борьбой против изменения климата. Однако сократить выбросы парниковых газов многим странам не под силу без помощи индустриально развитых государств. В такой помощи нуждается сегодня и Беларусь. Евросоюз видит тут проблему и готов помочь развивающимся странам «адаптировать их к изменению климата». Копенгагенское соглашение по климату подразумевает выделение на 2010—2012 гг. в общей сложности 30 млрд дол. США, в свою очередь 7,2 млрд евро внесет ЕС [121]. В Минске с руководством шведского концерна *Lantannen* был подписан инвестиционный проект по строительству в Витебской области крупного предприятия по производству пеллет (биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства).

5.3 Расчет эффективности применения биостанций в Беларуси

Рассмотрим пример расчета эффективности строительства биостанции для среднего хозяйства мощностью 100 кВт · ч. [122]. Исходные данные для расчета следующие:

- проектируемая мощность станции — 100 кВт · ч электроэнергии и 200 кВт тепловой энергии;
- потребное количество навоза и мочи — 20 т в сутки, которое может быть обеспечено 310 коровами, или 16 000 свиньями, или 14 800 овцами или козами;

- стоимость 1 кВт · ч электроэнергии — 148 бел. р.; 1 кВт тепловой энергии — 6,27 бел. р. (на 01.01.2007 г.);
- получаемая прибыль составит 133 289 280 бел. р. в год, или 52 066 евро;
- кроме того, хозяйство получит около 15...18 т жидкого удобрения в сутки;
- при стоимости биостанции около 700 000 евро станция окупается за 13,5 лет, а с учетом жидкого удобрения — за 5—6 лет.

Но самый важный эффект, который получит хозяйство и который нельзя оценить рублем, — это *независимость* от внешних поставщиков электрической и тепловой энергии и *полная самостоятельность* в решении проблемы обеспечения своего хозяйства электрической и тепловой энергией, а *также высококачественным удобрением*.

5.4 Дизельное биотопливо в Беларуси и России

Производство дизельного биотоплива в Республике Беларусь началось в 2007 г. Основными его производителями в Беларуси являются ОАО «Нафтан» (нефтяное дизельное топливо) и ОАО «Гродно Азот» (биодобавка — метиловые эфиры жирных кислот рапсового масла). В состав биодизеля входит 95% дизельного топлива и 5% биодобавки. Данное соотношение является всемирно признанным и соответствует европейским стандартам и требованиям эксплуатации автомобиля.

Правительство Беларуси утвердило государственную программу по обеспечению производства дизельного биотоплива в Республике Беларусь на 2007—2010 гг. Соответствующее решение содержится в постановлении Совета Министров № 1760. Целью программы являлось повышение уровня экологической и энергетической безопасности страны, уменьшение зависимости национальной экономики от импорта нефти. В республике ставится задача обеспечить транспорт конкурентоспособным дизельным биотопливом путем создания на отечественной сырьевой базе системы промышленных производств нового вида топлива из возобновляемого источника энергии — рапсового масла. Государственным заказчиком программы выступил концерн «Белнефтехим». Для получения биотоплива в Бела-

руси в 2010 г. планировалось организовать промышленные производства по получению метиловых эфиров жирных кислот с общим объемом выпуска не менее 100 тыс. т в год. Предполагалось, что в ходе первого этапа будут созданы крупные производства (мощностью 40...60 тыс. т в год) по переработке растительных масел в биотопливо в ОАО «ГродноАзот» (Гродненская область) и ОАО «Могилевхимволокно» (Могилевская область). На этих предприятиях работает высококвалифицированный технический персонал, имеет опыт работы в области сложных химических технологий, в том числе с метиловым спиртом, технические возможности производства как метиловых эфиров жирных кислот, так и смесевых дизельных биотоплив на их основе. Следующим этапом должно стать размещение более мелких производств биотоплива (по 2...10 тыс. т в год) в различных регионах республики. Эти производства могут быть организованы за счет собственных или кредитных средств и будут предназначены для переработки зерна рапса в рапсовое масло и далее в метиловые эфиры жирных кислот, что позволит пополнять кормовую базу областей собственными белковыми компонентами кормов (рапсовым жмыхом) с наименьшими затратами на их производство, хранение и транспортировку. Производимые метиловые эфиры жирных кислот будут поставляться в первую очередь организациям концерна «Белнефтехим», которые на имеющихся производственных площадях будут получать смесевое дизельное биотопливо и реализовывать его через существующую сеть автозаправочных станций.

Опытная партия дизельного биотоплива была выпущена и в Беларуси. Согласно информации Министерства экономики, 705 т смесового топлива, имеющего в основе дизельное топливо с добавлением масла рапсового специальной очистки и коагулятора-разбавителя было выпущено в Беларуси в 2007 г. на ОАО «Новоельнянский межрайагроснаб». Здесь с 2001 г. начала поэтапно использоваться первая в Республике Беларусь технология производства дизельного биотоплива. Для этого было приобретено и установлено технологическое оборудование для получения рапсового масла и смесового дизельного биотоплива. На этом топливе производятся эксплуатационные испытания дизельных двигателей мобильной техники. Анализ результатов работы тракторов, автомобилей, уборочных машин показал, что дизельное биотопливо с содержанием в нем до 10% рапсового масла и 5% коагулятора-разбавителя не оказывает

отрицательных воздействий на показатели работы двигателей. Однако при большем содержании масла рапсового требуется изменение конструкции как двигателя, так и топливной аппаратуры. По другой технологии производства дизельное биотопливо начнет выпускаться в текущем году по двум стандартам, принятым Госстандартом в июле 2006 г. В этом случае будет использоваться не чистое рапсовое масло, а продукты его обработки метиловым спиртом (метанолом) в смеси с катализатором. В результате из рапсового масла получается метиловый эфир жирных кислот. Этот продукт может использоваться в работе дизельных двигателей как самостоятельно, так и в смеси с нефтяным дизельным топливом в любом соотношении. Конструкция двигателя при этом практически не меняется. Мощность опытной установки составляет 2 тыс. т в год. По результатам эксплуатации опытного оборудования в «Белнефтехиме» рассматривается вопрос о приобретении технологической установки для промышленного производства биотоплива. Ввод в строй таких предприятий позволит Беларуси сократить импорт сырой нефти примерно на 300 тыс. т. Наша страна потребляет около 2 млн т дизельного топлива в год. Специалисты отмечают, что и первая, и вторая технологии позволяют снизить применение нефтепродуктов, но главное заключается в том, что использование дизельного биотоплива на основе продуктов переработки маслосемян рапса на 20...22% уменьшает дымность отработанных газов и выброс оксидов азота. Согласно Государственным стандартам Республики Беларусь СТБ 1657-2006 и СТБ 1658-2006 и ТУ Республики Беларусь 190276737.001-2004 разработана технология для получения экологически чистого топлива (табл. 5.5) из возобновляемого источника сырья (рапса для дизельных двигателей) (рис. 5.8) [123].

Т а б л и ц а 5.5 — Физико-химические показатели дизельного биотоплива [123]

Показатель	Величина
Цетановое число	Не менее 47
Кинематическая вязкость при 20°C, мм ² /с	7,1
Температура застывания, °С	Не выше -38
Температура помутнения, °С	Не выше -5

Окончание табл. 5.5

Показатель	Величина
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	Не ниже 138
Теплотворная способность, кДж / кг	–39 670
Концентрация смол, мг на 100 см ³ топлива	Не более 39,5
Кислотность, мг на 100 см ³ топлива	Не более 5
Зольность, %	Не более 0,04
Коэффициент фильтруемости	Не более 3
Плотность при 20°С, кг / м ³	Не более 880
Содержание механических примесей	Отсутствует
Содержание воды, %	Отсутствует
Массовая доля серы, %	Отсутствует



Рисунок 5.8 — Линия для производства дизельного биотоплива [123]

Характеристики получаемого биотоплива:

– представляет собой смесь метиловых эфиров высших жирных кислот (более 90% составляют эфиры олеиновой, линолевой и пальмитиновой кислот);

- вязкая жидкость светло-желтого цвета;
- легко растворимо в неполярных и хлорированных органических растворителях;
- мало растворимо в воде.

Область применения: транспорт, сельское хозяйство, энергетика.

Преимущества технологии получения дизельного биотоплива.

1. Технологический процесс получения дизельного биотоплива является непрерывным, что позволяет полностью его автоматизировать.

2. Технология является безотходной, позволяя получать ценные сопутствующие продукты: твердое топливо, жмых для приготовления кормов, техническое мыло, глицерин.

3. Технология является экологически чистой (отсутствие вредных газообразных выбросов, небольшое количество сточных вод).

4. Технология получения биотоплива является материало- и ресурсосберегающей.

Внедрение. Создано новое производство метиловых эфиров жирных кислот (дизельное биотопливо) мощностью 5 тыс. т и смешанного дизельного биотоплива мощностью 100 тыс. т на базе ОАО «Гродно Азот».

Специалисты концерна «Белнефтехим» считают необходимым принятие в Беларуси нормативных актов, направленных на уменьшение стоимости биодизельного топлива и повышение таким образом его привлекательности для покупателей. Кроме того, существует проблема обеспечения основным сырьем для биотоплива — рапсовым маслом. На решение этой задачи направлены планы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, согласно которым в Беларуси в ближайшие два-три года будет построено несколько предприятий по переработке маслосемян рапса и выработке из них биотоплива (в Могилевской и Гродненской областях).

Кроме того, в Беларуси намерены увеличить производство рапса. В 2007 г. посевные площади под рапс уже были увеличены до 210 тыс. га. Причем озимого рапса посеяно 168 тыс. га, что в 2,3 раза больше уровня 2006 г. Если в 2006 г. хозяйства страны произвели 147 тыс. т маслосемян рапса, то в 2007 г. было произведено в объеме более 200 тыс. т, а в 2010 г. — до 600 тыс. т. Производство биотоплива в Республике Беларусь началось в 2007 году. Основными его производителями в Беларуси являются ОАО «Нафтан» (нефтяное

дизельное топливо) и ОАО «Гродно Азот» (биодобавка — метиловые эфиры жирных кислот рапсового масла).

С 1 апреля 2010 г. изменились условия заправки биотопливом. Если раньше биодизельное топливо было доступно только на государственных АЗС, то теперь его можно приобрести и на коммерческих АЗС в Минске (АЗС А-100 по улицам Промышленная, 2Б (МКАД) и Харьковская, 81) (рис. 5.9). Основным недостатком биотоплива является лишь то, что оно подходит только для автомобилей с дизельным двигателем. Его аналогов для бензиновых двигателей пока нет. Но наука развивается и, возможно, скоро для автомобилей с бензиновым двигателем также придумают более экологичный вид топлива.

Биотопливо (смесь 95% нефтяного дизельного топлива и 5% метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла) полностью соответствует требованиям СТБ 1658-2006 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытаний» и критериям EN 590:2004 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытаний», предъявляемым в странах ЕС». Каждым автопроизводителем установлен перечень видов топлива, которые подходят для использования для конкретного типа двигателя. При выборе вида топлива автовладелец должен ознакомиться с инструкцией по эксплуатации его автомобиля.



Рисунок 5.9 — Заправка автомобиля биотопливом [123]

Возможно также привлечение в производство биотоплива в республике иностранных инвестиций. В частности, о готовности участвовать в производстве биотоплива в Беларуси еще в 2007 г. заявило крупное китайское государственное предприятие, занимающееся вопросами зарубежного экономического сотрудничества. На автозаправках Беларуси появляются колонки, на которых можно заправиться биодизелем. Вернее, дизельным топливом с 5% биодобавкой (ДТ Б5), производство которого было начато в Беларуси еще в ноябре 2007 г. ОАО «Гродно Азот».

Предприятия по производству биотоплива появятся во всех регионах Беларуси. В Бобруйском районе использованы самые современные импортные технологии, которые будут адаптированы к условиям белорусского производства. Решается важная задача для сельского хозяйства, ведь биотопливо будет дешевле дизельного.

В настоящее время Правительство Республики Беларусь решает проблему и с ценообразованием на продукцию подобных предприятий. Хотя цены были определены, но произошли изменения на внешнем рынке. У наших соседей, России и Украины, вырос хороший урожай подсолнечника и рапса, и цены, соответственно, снижаются. Поэтому сейчас необходимо четко выстроить ценовую политику, чтобы наши заводы работали рентабельно, производя и экспортируя рапсовое масло, жмых и биотопливо. Унитарное коммунальное производственное предприятие «Завод по переработке масличных культур» (Бобруйский район, Могилевская область) за январь-сентябрь 2010 г. увеличило производство рапсового масла по сравнению с предыдущим годом почти в 2 раза. Объем выпуска рапсового масла составил 4,6 тыс. т, жмыха — 7,7 тыс. т. Это произошло благодаря реализации на предприятии инвестиционного проекта по реконструкции и модернизации основного производства. В частности, установлено два современных энергоэффективных прессы, которые позволят перерабатывать в год свыше 20 тыс. т семян рапса и получать из них 7,4 тыс. т рапсового масла и 13 тыс. т жмыха. Полученное масло после обработки будет использоваться в масложировой промышленности для производства пищевого растительного масла, маргарина, майонеза, мыла и т. д. Кроме того, на строящемся в д. Калинино филиале предприятия полученное масло будет перерабатываться в метиловые эфиры жирных кислот (5 тыс. т в год), из которых будет изготавливаться биотопливо. Сейчас в отделениях

филиала ведется монтаж импортного оборудования. Первая продукция здесь должна была быть получена уже в конце 2010 г. Стоимость данного проекта 14,1 млрд бел. р. Полученный жмых будет использоваться для производства комбикормов, что позволит обеспечить животноводческую отрасль области белком и отказаться от импорта дорогостоящего шрота, а также частично — от импорта сои. На первом этапе реализации проекта поставлена задача отработать технологию производства, изучить рынок сбыта и найти надежных потребителей биотоплива. Если оно будет востребовано, то планируется и дальше наращивать мощности. При этом для обеспечения завода сырьем в области разработана программа по расширению посевов рапса, увеличению урожайности этой культуры. Сельхозпроизводители региона уже через два года планируют получать ежегодно до 150 тыс. т маслосемян рапса.

Так, ОАО «Гродно Азот» ввело в эксплуатацию установку по производству дизельного биотоплива из рапсового масла и метанола производительностью 40 тыс. т смешанного дизельного биотоплива в год. Проект строительства установки по производству биотоплива общей стоимостью 340 млн дол. США реализуется предприятием в рамках программы долгосрочного развития. Стоимость оборудования, строительных и монтажных работ по проекту составляет 1,9 млн дол. США. По данным специалистов, установка предназначена для производства дизельного биотоплива из рапсового масла и метанола. Так, из рапсового масла установка будет вырабатывать метиловый эфир, который будет применяться в качестве смешанной добавки (5%) к минеральному дизтопливу, в объемах до 2 тыс. т в год. Этот объем метилового эфира позволит получать до 40 тыс. т смешанного дизельного биотоплива.

В перспективе на ОАО «Гродно Азот» может быть построена промышленная установка, рассчитанная на производство 50...55 тыс. т биотоплива в год. Использование смешанного биодизельного топлива не требует специальной адаптации двигателей автомобилей. При этом по качеству биодизельное топливо будет соответствовать европейским стандартам, установленным для этого вида топлива.

ОАО «Могилевхимволокно» до конца 2010 г. планировало ввести в эксплуатацию установку по производству метилового эфира жирных кислот (МЭЖК) мощностью до 50 тыс. т в год. Подготовлено техническое задание на закупку оборудования, объявлен тендер. Ввод установки

предусмотрен Государственной программой по обеспечению производства дизельного биотоплива в Беларуси на 2007—2010 гг. Основными производителями данного топлива в программе определены ОАО «Могилевхимволокно», «Гродно Азот» и «Белшина».

Метиловый эфир жирных кислот получают путем химической переработки рапсового масла. Он может использоваться в качестве топлива для дизельных двигателей как в чистом виде, так и в смеси в любых соотношениях с минеральным топливом. Могилевское предприятие направляет его для изготовления смесового топлива (метиловый эфир добавляется в обычное дизтопливо в объеме 5%). Смешение и отгрузка осуществляются на арендованной нефтебазе в Чаусах. В ближайшее время планируется организовать выпуск биодизельного топлива на нефтебазе в Калинковичах, рассматривается возможность аренды и других нефтебаз. «Могилевхимволокно» планирует увеличить объем производства биодизельного топлива по сравнению с предыдущими годами на 65% — до 430 тыс. т.

В конце 2010 г. предполагалось перейти к производству в Беларуси всего объема потребляемого в республике дизельного топлива с добавлением 5% дизельного биотоплива. По данным специалистов, с этой целью в республике планировалось создать мощности по производству 100 тыс. т метилового эфира в год. При этом предусматривалось, что метиловый эфир будет производиться из рапсового масла и метанола и применяться в качестве смесовой 5%-й добавки к традиционному дизтопливу, вырабатываемому из минерального сырья. Применение 5%-й добавки метилового эфира позволит Беларуси экономить около 300 тыс. т нефти в год. С накоплением опыта использования биотоплива развернулась дискуссия, которую начали на автомобильных форумах белорусские автовладельцы. В самом конце 2007 г., когда дизельное биотопливо стало продаваться в автозаправочной сети предприятия «Белоруснефть» по всей республике, обсуждения разгорелись с новой силой. При этом, похоже, что к более-менее единому мнению участники дискуссии придут еще нескоро. Пока же большинство владельцев дизельных автомобилей, из числа отнесшихся с определенной долей интереса к новинке, заняли выжидательную позицию, призывая к экспериментам других автовладельцев. Производство дизельного биотоплива обходится дороже, чем производство традиционной солярки, поэтому его применение становится экономически выгодным

только при предоставлении правительством налоговых льгот для производителей и реализующих организаций. И многие государства на это идут, потому что биотопливо из рапсового масла является наиболее чистым из всех видов используемых в настоящее время моторных топлив. По данным специалистов концерна «Белнефтехим», за последние 10 лет объем производства маслосемян рапса в республике увеличился более чем в 4 раза и составляет сейчас около 180...190 тыс. т. Создана непрерывная технология получения метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла, основанная на переэтерификации рапсового масла метиловым спиртом, выпускаемым ОАО «Гродно Азот», которая позволяет производить биотопливо, соответствующее действующим стандартам ЕС.

В Гродненской области уже подготовлено 12 заправочных станций с возможностью заправки двумя видами дизельного топлива (минеральным и смесевым). Производство смесевого дизельного топлива с содержанием метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла до 5% в прогнозируемых объемах позволит обеспечить треть потребности этого региона в дизтопливе.

Когда в гродненском автохозяйстве узнали о появлении в регионе нового вида топлива на основе рапсового масла, тут же взялись за подсчеты. В первую очередь обратили внимание на стоимость. По сравнению с дизельным топливом разница существенная: биотопливо на 25% дешевле. Для предприятия, где львиная доля затрат уходит именно на горючее, новый расклад выглядел привлекательно. Тут же несколько автомобилей прошли испытания. Водители вынесли свой вердикт: двигатель работает плавно, нет никаких нагаров, смол как на отечественных, так и на иностранных автомобилях. В новых условиях автопарк работает только три месяца. Все затраты на установку биотопливных заправок уже полностью окупились, а общая экономия на отечественном горючем составляет около 40 млн бел. р. в месяц. И это с учетом самовывоза биотоплива от производителя, который находится за 150 км. Новое горючее настолько выгодно, говорят перевозчики, что подобные заправки не будут пустовать и в Гродно.

В Поставском районе (Витебская область) на полях СПК «Новоселки-Лучай» работает первый в Беларуси трактор на биотопливе (рис. 5.10). Накануне посевной хозяйство купило немецкий трактор «Джондзир-7920», топливом для которого служит рапсовое масло. По словам аграриев, работа нового трактора ничем не отличается



Рисунок 5.10 — Трактор «Беларус-572», работающий на биотопливе

от тракторов на дизельном топливе. Производство масла налажено в самом СПК «Новоселки-Лучай». На импортном оборудовании пока вырабатывается около 130 кг масла в час, однако его мощности позволяют производить более 500 кг в час. Масло почти в два раза дешевле обычного топлива.

Наибольших успехов в освоении и практической реализации технологий производства биотоплива на основе использования рапсового масла, испытаний и эксплуатации двигателей в реальных условиях достигли Германия и Франция. Россия намерена в ближайшие годы начать производство экологически чистого автомобильного биотоплива. Более того, предполагается, что страна сможет экспортировать это топливо в Европу. Первый завод по производству биоэтанола из зерна был построен в Омске, другой завод (по производству биодизеля из рапса) строится в западной части страны.

5.5 Состав дизтоплива в Беларуси

Дизельное топливо (Б5) производится в следующем соотношении: 95% нефтяного дизельного топлива, производства ОАО «Нафтан», и 5% метиловых эфиров жирных кислот рапсового масла,

производства ОАО «Гродно Азот». Две трети всего количества реализуемого в Беларуси дизельного биотоплива распространяется через систему предприятий ПО «Белоруснефть», и именно перед этой структурой стоит задача ежегодного увеличения объемов реализации дизтоплива с биодобавкой. Дизельное топливо с биодобавкой сегодня полностью отвечает требованиям международных стандартов и никакого вредного воздействия на двигатели не оказывает. Для использования биодизельного топлива не требуется специальной адаптации дизельных двигателей.

Преимущества биодизельного топлива ОАО «Гродно Азот» подтверждаются испытаниями, проведенными Минским моторным заводом на дизельных двигателях собственного производства. Качество биодизельного топлива, реализуемого предприятиями ПО «Белоруснефть», гарантируется как изготовителем топлива (ОАО «Гродно Азот»), так и собственной системой контроля качества нефтепродуктов ПО «Белоруснефть», включающей 34 аккредитованные испытательные лаборатории, а также передвижную лабораторию контроля качества нефтепродуктов. Общий объем дизельного топлива с биодобавкой, произведенный в 2009 г. в Беларуси, составил более 390 тыс. т.

5.6 Мнения сервисных центров о дизтопливе

К единому мнению насчет дизельного биотоплива не могут пока прийти не только белорусские автовладельцы, но и *белорусские сервисмены*. Так, в сервисном центре *официального дилера марки Volkswagen «Атлант-М Сухарево»* [124] корреспонденту портала www.interfax.by ответили, что заправлять таким топливом дизельные автомобили *Volkswagen* однозначно не рекомендуется. Инженер по гарантии *официального дилера Mazda «Атлант-М Холми»* в отношении автомобилей японской марки дал противоположный ответ: «Да, допускается использование дизельного топлива с добавкой до 5% метиловых эфиров жирных кислот». Еще одно мнение — отличное от предыдущих — выразили в сервис-центре *официального дилера Toyota «Тойота Центр Минск»*: «Таких данных пока нет, поэтому могу выразить только свое личное мнение. Испытания проводились на обычных дизельных автомобилях, в их отношении

вроде все в порядке. Владельцам же автомобилей, оборудованных системой *Common Rail*, лучше не рисковать. При этом, — отметил собеседник портала, — белорусских автомобилистов новое топливо интересует. Звонят автовладельцы по вопросам, связанным с дизельным биотопливом, не только в сервисные центры, но и *реализаторам топлива*. В Беларуси дизельное топливо с биодобавкой пока новинка, люди еще только присматриваются к нему. Однако те наши клиенты, которые часто ездят в Россию, уже опробовали там этот вариант и не замечают никаких проблем, связанных с его использованием. Наоборот — довольны. При этом они отмечают, что белорусское дизельное биотопливо дешевле российского» [123].

Репозиторий Барнауль

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В предлагаемой монографии белорусских и словацких авторов сделан анализ состояния проблемы внедрения альтернативных источников энергии в Европе в целом и более подробно в Беларуси и Словакии. Эти республики имеют много общего: отсутствие энергетических источников, развитые промышленность и сельское хозяйство. В то же время имеются и существенные отличия:

- в Беларуси энергетическое хозяйство является государственным и регулируется полностью государством;
- в Словакии существует несколько энергетических компаний, владеющих энергетикой страны, причем между этими компаниями существует конкуренция;
- в Беларуси отсутствует ядерная энергетика; здесь планируют построить атомную электростанцию, поэтому пока еще Беларусь импортирует электроэнергию;
- в Словакии действует две атомные электростанции, на которых некоторые реакторы остановлены из-за исчерпания ресурса, но планируется ремонт и замена новыми реакторами; Словакией часть избыточной электроэнергии экспортируется в соседние страны, в частности, в Австрию.

Внедрение альтернативных источников энергии как для Беларуси, так и для Словакии является важной и актуальной проблемой. Но, в отличие от Беларуси, в Словакии этой проблемой начали активно заниматься значительно раньше, поэтому она имеет больше положительного опыта в создании и развитии экологических источников энергии. Необходимо учесть также, что в разработке и строительстве альтернативных источников энергии (биостанций, заводов по выпуску брикета и пеллет) Словакия получает значительную помощь из фондов Европейского союза. Беларусь пока такой помощи не имеет и должна рассчитывать лишь на собственные ресурсы, что, конечно, не так легко.

Однако опыт развития альтернативных источников энергии в Словакии несомненно будет полезен и для Беларуси. Поэтому весьма подробно рассмотрено состояние внедрения биотоплива в Словакии. Приведены также положительные примеры использования биотоплива и в других странах. Рассмотрено состояние развития и использования биотоплива в Беларуси, показаны направления и перспективы решения этой проблемы в нашей стране.

Авторы считают, что данная монография поможет ознакомиться широкой публике с проблемой альтернативных источников энергии и привлечет заинтересованные организации и физические лица к более интенсивному развитию и внедрению биотоплива в энергетике нашей страны.

Монография, естественно, не лишена недостатков, поэтому авторы положительно и с вниманием отнесутся ко всем замечаниям, возникшим у читателей, прочитавших данную книгу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Energiá”. — Режим доступа: <http://energia.cz>. — Дата доступа: 17.01.2010. — Загл. с экрана.
2. Биотопливо [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
3. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Proveqtus”. — Режим доступа: <http://www.proveqtus.fr/1279/devenez>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
4. Приоритетные направления научно-технической деятельности на 2011-2015 гг. : Указ Президента Респ. Беларусь, 22 июля 2010 г., № 378 / Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. — 2010. — № 378. — 1/1197.
5. *Horbaj, P. Bioplyn a jeho využitie / P. Horbaj, D. Marasova, I. Andrejčák. — Košice : Fakulta Berg, 2007. — 95 s.*
6. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wik/%D0%>. — Дата доступа: 8.10.2011. — Загл. с экрана.
7. *Noskievič, P. Fakta a mýty o obnovitelných zdrojích (I) [Электронный ресурс] / P. Noskievič, J. Kaminský // tzb-info. — Режим доступа: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1925>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.*
8. *Благодарный, В. М. Древесные и растительные отходы — перспективное экологическое топливо / В. Благодарный, Э. Раган, И. Андрейчак // Инженер. экология. — 2002. — № 5. — С. 23—33.*
9. *Благодарный, В. М. Возобновляемые источники энергии / В. М. Благодарный, И. Андрейчак // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 20-21 апр. 2006 г. / Белорус.-росс. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. — Могилев : [б. и.], 2006. — С. 113-114.*
10. *Благодарный, В. М. Конструкции установок для изготовления брикет и пеллет / В. М. Благодарный // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. : в 3 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во образования и науки Рос. Федерации, Федеральное агентство по образованию, Могилев. обл. исполн. ком., Нац. акад. наук Респ. Беларусь, Бел.-Рос. ун-т ; редкол.: И. С. Сазонов [и др.]. — Могилев : Бел.-рос. ун-т, 2009. — Ч. 1. — С. 186-187.*
11. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “espedi.esel”. — Режим доступа: <http://espedi.esel.cz/Upload/WYSIWYG/Image/naklady.jpg>. — Дата доступа: 08.10.2011. — Загл. с экрана.

12. Ekologické palivo 3. tisícročí a perspektívy jeho výroby na Slovensku / V. Vlagodarny [et al.] // Acta Mechanica Slovaca. — 2001. — № 3. — S. 181—186.

13. *Благодарный, В. М.* Возможности получения и преимущества экологического топлива / В. М. Благодарный // Инженер. вестн. — 2006. — № 1(21). — С. 21—31.

14. *Благодарный, В. М.* Роторная установка для изготовления пеллет из растительных и древесных отходов / В. М. Благодарный, В. И. Кочурко // Экология и сельскохозяйственная техника : материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф., Санкт-Петербург, 13-14 мая 2009 г. : в 3 т. / Рос. акад. с.-х. наук. — СПб. : [б. и.], 2009. — Т. 2 : Экологические аспекты производства продукции растениеводства, мобильной энергетики и сельскохозяйственных машин. — С. 181—190.

15. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «ЖАСКО». — Режим доступа: <http://www.evrobriket.ru/stat/stat.html/>. — Дата доступа: 08.09.2011. — Загл. с экрана.

16. *Михайлов, Г. М.* Пути улучшения использования вторичного сырья / Г. М. Михайлов, Н. А. Строев. — М. : Лесная пром-сть, 1988. — 224 с.

12. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “biom”. — Режим доступа: <http://df.biom.cz/stroje.stm?x=1933233>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

17. *Быков, Е. Н.* Технология и оборудование для переработки кроны деревьев : экспресс-информация / Е. Н. Быков. — М. : ВНИИПИИМлеспром, 1980. — Вып. 17. — 12 с.

18. *Vlagodarny, V.* Zariadenia pre spracúvanie drevného odpadu pre brikety / V. Vlagodarny, P. Horbaj // Acta Mechanica Slovaca. — 2003. — № 10. — S. 123—130.

19. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «Груд: сайт о работе и жизни». — Режим доступа: <http://www.wv2w.trud.ru/index.php/article/01-04-2011/261083>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

20. *Кравцова, А.* Европа к 2050 году хочет перестать ездить на обычных машинах [Электронный ресурс] / А. Кравцова // Портал «Груд». — Режим доступа: http://www.trud.ru/article/01-04-2011/261083_europa_k_2050_godu_xochet_perestat_ezdit_na_obychnyx_mashinax/print. — Дата доступа: 03.12.2011. — Загл. с экрана.

21. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%BO%D0%B9%D0%BB:GangaDeSucre.JPG>. — Дата доступа: 03.12.2011. — Загл. с экрана.

22. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Flex-Fuel>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

23. О расширении применения диметилового эфира и других альтернативных видов моторного топлива [Электронный ресурс] : постановление правительства Москвы, 24 апр. 2007 г., № 290-ПП / М. Ю. Лужков ; портал “Apartment.ru”. — Режим доступа: <http://www.apartment.ru/Article/48774561.html>. — Дата доступа: 03.12.2011. — Загл. с экрана.

24. SAIC Motor [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/SAIC_Motor. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

25. Информативные материалы [Электронный ресурс] / Портал “DV-Reclama.ru”. — Режим доступа: http://www.dv-reclama.ru/dvbussines/press/detail.php?blog=aerofuels&post_id=688. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

26. Биотопливо [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

27. Информативные материалы [Электронный ресурс] / Портал “CHOREN”. — Режим доступа: <http://www.choren.com/>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

28. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “dena : Deutsche Energie-Agentur”. — Режим доступа: <http://www.dena.de/themen/themas/esd/projekte/projekt/kraftwerks-und-netzplanung/>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

29. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “European Commission Energy”. — Режим доступа: <http://www.managenergy.net/resources/862>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

30. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Abercade”. — Режим доступа: <http://www.abercade.ru/research/industrieneWS/Go56.html>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

31. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «Евразийское объединение зеленых партий». — Режим доступа: <http://eozp.info/?menu=info&id=9&page>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

32. Информативные материалы [Электронный ресурс] // портал «Корреспондент.нет». — Режим доступа: <http://korrespondent.net/business/economics/1217902>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

33. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Официальный сайт журнала «Проблемы местного самоуправления». — Режим доступа: <http://www.samoupravlenie.ru/41-1hp>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

34. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “PACIFIC BIODIESEL”. — Режим доступа: <http://www.biodiesel.com/>. — Дата доступа: 15.11.2011. — Загл. с экрана.

35. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “next greencar”. — Режим доступа: <http://nextgreencar.com/green-car-of-the-year-2010.php>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

36. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “seemore”. — Режим доступа: <http://www.seemore.ru/?keywid=5861387>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

37. Мамедов, Ч. Биоэнергетика [Электронный ресурс] / Ч. Мамедов // Портал “Alterra Energy”. — Режим доступа: http://alterraenergy.org/index.php?option=news&id=32&news_id=387. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

38. Project Overview [Electronic resource] // Portal “Adirondack park Invasive Plant Program”. — Mode of access: <http://www.adkinvasives.com/aquatic/program/Program.html>. — Date of access: 12.10.2011. — Screen heading.

39. *Botryococcus braunii* [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Botryococcus_braunii. — Дата доступа: 12.10.2011. — Загл. с экрана.

40. Биотопливо-плюсы и минусы [Электронный ресурс] // Портал «Учимся вместе». — Режим доступа: <http://e-ypok.ru/book/export/html/14>. — Дата доступа: 08.10.2011. — Загл. с экрана.

41. Биотопливо провоцирует рост цен [Электронный ресурс] // Портал «За рулем.РФ». — Режим доступа: <http://www.zr.ru/a/303756/>. — Дата доступа: 08.10.2011. — Загл. с экрана.
42. Информативные материалы // Портал “Worldwatch Institute”. — Режим доступа: <http://www.worldwatch.org/>. — Дата доступа: 12.10.2011. — Загл. с экрана.
43. *Кривошапка, И.* Airbus испытывает новейшее биотопливо [Электронный ресурс] / И. Кривошапка // Энергетика и промышленность России. — 2010. — № 21 (161). — Режим доступа: <http://www.eprussia.ru/epr/161/12383.htm>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
44. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “PodOmatic”. — Режим доступа: <http://flightglobal.podomatic.com/>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
45. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “TAROM : Romanian air transport”. — Режим доступа: <http://www.tarom.ro/>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
46. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Bild.de”. — Режим доступа: <http://www.bild.de/>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
47. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «NEONOMAD : информационный синдикат». — Режим доступа: http://www.neonomad.kz/neonomadika/econom/index.php?ELEMENT_ID=2651. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
48. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Delfi”. — Режим доступа: <http://rus.delfi.ee/daily/business/v-raplamaa>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
49. *Buchtele, J.* Technologie plyných paliv / J. Buchtele, V. Roubíček. — Ostrava : ES VŠB, 1979. — 118 s.
50. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “eer”. — Режим доступа: <http://www.eer.ru/events/05/10/2009/63.html>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
51. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «Национальная Биотопливная Ассоциация». — Режим доступа: http://www.bioethanol.ru/events/Previous_congresses/Biodiesel-2008/. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
52. Программа Международного Конгресса «БИОГАЗ-2008» [Электронный ресурс] // портал “BIOGAS”. — Режим доступа: http://www.biogasinfo.ru/educational_sessions. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
53. Насколько России необходимо биотопливо? [Электронный ресурс] // Портал “NEWCHEMISTRY.ru”. — Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?p_id=4200. — Дата доступа: 10.11.2011. — Загл. с экрана.
54. *Roubíček, V.* Technologie ropu — Alternativní paliva ES / V. Roubíček, V. Rábl. — Ostrava : ES VŠB, 2000. — 267 s.
55. *Košíková, B.* Biotechnologie a využitie biomasy ES / B. Košíková, J. Bučko. — Zvolen : TU, 1999. — 162 s.
56. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Proterro”. — Режим доступа: <http://www.proterro.com/>. — Дата доступа: 10.11.2011. — Загл. с экрана.
57. Ekologické palivo 3. tisícročí a perspektívy jeho výroby na Slovensku / V. Blagodarny [et al.] // Acta Mechanica Slovaca. — 2001. — № 3. — S.181—186.

58. *Kutlan, J.* Biomasa v poľnohospodárstve a lešnictve / J. Kutlan, L. Zelený. — Bratislava : SEI — EA, 1994. — 24 s.
59. *Obnoviteľné zdroje a úspory energie.* — Banská Bystrica : Emes, s.r.o., 1993. — 43 s.
60. Информативные материалы // Портал “Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit”. — Режим доступа: <http://www.bmu.de>. — Дата доступа: 15.09.2011. — Загл. с экрана.
61. Štatistický úrad Slovenskej republiky — 1996—2000.
62. *Sklenka, P.* Bioplyn pre Slovensko / P. Sklenka. — Nitra : SPU, 1998. — 17 s.
63. Firemné prospekty firiem HOCHREITER, SRN; JENBACHER, A; TEDOM, ČR.
64. *Drevný odpad...čo s ním ? / L. Šooš [et al.].* — Bratislava : Energetické centrum, 2000. — 108 s.
65. *Energia z bioplynu : príručka.* — Bratislava : Energetické centrum, 1998. — 62 s.
66. *Viglaský, J.* Výskum splyňovania biopalív / J. Viglaský // *Energia.* — 2001. — № 1. — S. 54—56.
67. Environmental protection against the spread of pathogenic agents of diseases through the wastes of animal production in the Slovak Republic / P. Dubinský [et al.]. — Košice : Parasitological Institute, SAS, Harlequin, Ltd., 2000. — 170 s.
68. *Betuš, Z.* Energetické využitie bioplynu v kogeneračných jednotkách / Z. Betuš // *Acta Mechanica Slovaca.* — 1999. — № 3. — S. 121—126.
69. *Horbaj, P.* Ekologické aspekty spaľovania. Neografia, a.s. / P. Horbaj. — Martin : [s. n.], 2000. — 71 s.
70. *Straka, F.* LFG — testing of old landfills / F. Straka, J. Crha // *Landfill Symposium — Proceedings “Sardinia 97”.* — 1997.
71. Газовые турбины ALSTOM (АЛЬСТОМ) — турбогенераторы для промышленного производства энергии [Электронный ресурс] // Портал «Новая Генерация». — Режим доступа: http://www.manbw.ru/analytics/alstom_turbine.html. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
72. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “GES : German Energy Systems”. — Режим доступа: http://www.ges-ukraine.com/maininfo_20.html. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
73. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический портал “seaExpo”. — Режим доступа: <http://www.seaexpo.ru/companies/manufacturers/2716/1/>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
74. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “SpyFu”. — Режим доступа: <http://65.39.72.142/Term.aspx?t=22941269&org=50>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
75. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “FILTER”. — Режим доступа: <http://www.filter.by/index.php?id=10918>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
76. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “NETL”. — Режим доступа: <http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/turbines/refshelf/handbook/1.1.pdf>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
77. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «ЭНЕРГОТЕХ». — Режим доступа: <http://www.energoteh.com/upload/PDF/siemens/SGT-700.pdf>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

78. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “kellysearch.co.uk”. — Режим доступа: <http://www.kellysearch.co.uk/gv-company-81106842.html>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
79. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «ПЕТРОИНЖ». — Режим доступа: http://www.petro-eng.ru/oborudovanie/viessman_price/viessman_vitobloc.html. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
80. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «ИЭЭ». — Режим доступа: <http://www.ipe.ru/product/series.html>. — Дата доступа: 11.10.2011. — Загл. с экрана.
81. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “EXPUNION.RU”. — Режим доступа: http://www.expunion.ru/exp_det.ohp?exp=4542&cat=6109. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
82. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “QEL”. — Режим доступа: http://www.qel.sk/biopolynove_stanice. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
83. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “ZORG : BIOGAS”. — Режим доступа: <http://zorg-biogas.com/?lang=en>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
84. *Horbaj, P. Niekoľko dôvodov na používanie zemného plynu v doprave / P. Horbaj // Slovgas. — 1998. — № 3. — S. 9—12.*
85. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “W. R. MEADOWS”. — Режим доступа: <http://www.wrmeadows.com/>. — Дата доступа: 10.10.2012. — Загл. с экрана.
86. *Marečková, K. Emissions of greenhouse gases in the Slovak Republic — 1990—1994 / K. Marečková. — Bratislava : Slovak Hydrometeorological Institute. — 1997.*
87. *Životné prostredie SR. — Bratislava : MŽP SR, 1999. — 111 s.*
88. Свалочный газ [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/свалочный_газ. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
89. *Materiály ministerstva pôdohospodárstva. — Bratislava : [s. n.], 1997—2000.*
90. *Murínová, O. Stanovenie technicky využiteľného potenciálu obnoviteľných a druhotných zdrojov energie / O. Murínová. — Bratislava : EGÚ. — 1997.*
91. Переработка отходов. Вторичное сырье [Электронный ресурс] // Портал “dis00.narod.ru”. — Режим доступа: <http://dis00.narod.ru/halyava/4k/refothodi.html#g>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
92. *Demuyneck, M. Biogas Plants of Europe / M. Demuyneck, E. J. Nyns. — Lancaster : D. Reidel Publishing Company, Dordrecht : Boston. — 1985.*
93. *Environmental engineering. McGraw-Hill / H. S. Peavy [et al.]. — [S. l.] : Inc., 1985. — 699 s.*
94. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “emcon”. — Режим доступа: <http://www.emconfm.com/>. — Дата доступа: 11.10.2011. — Загл. с экрана.
95. *Fiala, J. Informační a měřicí systémy v ochrane ovzdušia // Znečisťovanie ovzdušia a navrhované východiská. — Žilina : TU, 1991. — 274 s.*
96. *Energetika a životné prostredie / J. Ladomerský [et al.]. — Zvolen : ES TU, 2000. — 255 s.*
97. *Správa o stave životného prostredia SR v roku 1998. MŽP SR.*

98. *Havrland, B.* Technical and economical evaluation of energetic biomass use / B. Havrland // *Acta Mechanica Slovaca*. — 1999. — № 3. — S. 354—359.
99. *Horbaj, P.* Porovnanie zemného plynu s klasickými fosílnymi palivami z ekologického hľadiska / P. Horbaj, L. Lazič // *Slovgas*. — 1997. — № 5. — S. 21—24.
100. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “forexAW.com”. — Режим доступа: http://forexaw.com/TERMs/GSM/1618_Энергоносители_Energy. — Дата доступа: 10.11.2011. — Загл. с экрана.
101. Предчувствие голода [Электронный ресурс] // Портал “adventusvideo.com”. — Режим доступа: <http://adventusvideo.com/forum/pda/t-400.html>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
102. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Soubeanbus.jpg>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.
103. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «Альтернативные виды топлива». — Режим доступа: http://hybridcars.narod.ru/fuel/biofuel_tech.html. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
104. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “CHOREN”. — Режим доступа: <http://www.choren.com/en/company/choren>. — Дата доступа: 15.11.2011. — Загл. с экрана.
105. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “VOLVO TRUCKS”. — Режим доступа: http://www.volvotrucks.com/Site_Collection_Dokuments/VTC/Corporate/News_and_Media. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
106. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “Super E10 Tanken”. — Режим доступа: <http://www.supere10tanken.de/>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
107. Биотопливо: добро или зло? [Электронный ресурс] // Портал «Авто СВР.рф: диагностика и ремонт». — Режим доступа: <http://www.autoswr.ru/statiy/91-bio.html>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
108. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “RICARDO”. — Режим доступа: <http://ricardo.centrum.com>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
109. Audi and Reutech [Electronic resource] // Портал “Kelley Blue Book”. — Mode of access: <http://www.kbb.com/car-news/green-car-news/audi>. — Date of access: 10.10.2011. — Screen heading.
110. Fischer Tropsch process [Электронный ресурс] // Википедия : Свободная энциклопедия / Kartnik Nadar. — Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Fischer_Tropsch_process — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
111. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “EPA”. — Режим доступа: <http://www.epa.gov/otag/fuels/renewablefuels/index.htm>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.
112. Древесину в упряжку [Электронный ресурс] // портал «Український лісовод». — Режим доступа: <http://www.lesovod.org.ua/mode/9719>. — Дата доступа: 11.10.2011. — Загл. с экрана.
113. *Шенк, Ю.* Германия на пути к ориентированному на перспективу, устойчивому энергоснабжению / Ю. Шенк // *Новости науки и технологий*. — 2009. — № 4(13). — С. 3—10.

114. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “FundMarket”. — Режим доступа: <http://fundmarket.ua/news/>. — Дата доступа: 11.10.2011. — Загл. с экрана.

115. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал «СОЮЗ». — Режим доступа: <http://www.ruseu.org/article.php?id=42>. — Дата доступа: 10.11.2011. — Загл. с экрана.

116. Информативные материалы [Электронный ресурс] // interfax.by : Информационно справочный портал Беларуси. — Режим доступа: <http://www.interfax.by/my-iskor.ru/mobile.dow.com/solutionism/wind-energy.htm>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

117. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “DW-WORLD.DE : DEUTSCHE WELLE”. — Режим доступа: <http://dw-world.de/popurs/dw/012526.00.html>. — Дата доступа: 10.10.2011. — Загл. с экрана.

118. *Бодров, О. В.* Снижение потребления природного газа в Беларуси: ядерный и инновационный сценарии : монография / О. В. Бодров, В. А. Чупров, И. Э. Шкрадюк. — Минск : Бестпринт, 2009. — 110 с.

119. Государственная программа модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006—2010 годах. — Минск : [б. и.]. — 2005.

120. *Пашинский, В. А.* Перспективы развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии / В. А. Пашинский, А. А. Бутько // *Новости науки и технологий*. — 2009. — № 4(13).

121. *Шенец, Л. В.* Использование возобновляемых источников энергии и энергоэффективность в Республике Беларусь / Л. В. Шенец // *Новости науки и технологий*. — 2009. — № 4(13). — С. 3—9.

122. *Благодарный, В. М.* Эффективность использования биостанций в сельском хозяйстве / В. М. Благодарный, В. И. Кочурко // *Экология и сельскохозяйственная техника : материалы 5-й Междунар. науч.-практич. конф., Санкт-Петербург*. — СПб. : [б. и.], 2007. — Т. 3. — С. 299—304.

123. Информативные материалы [Электронный ресурс] // Портал “hybridCARS”. — Режим доступа: <http://hybridcars.narod/fuel/biofuel/tech.html>. — Дата доступа: 15.10.2011. — Загл. с экрана.

Научное издание

Благодарный Владимир Маркович
Кочурко Василий Иванович
Андрейчак Имрих
Горбай Петер

**БИОТОПЛИВО
И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Монография

Технический редактор *М. Л. Потапчик*
Корректор *О. Н. Майсюк, С. А. Березнюк*
Компьютерная верстка: *Н. В. Ивановой, В. В. Кукреши*

Ответственный за выпуск *Е. Г. Хохол*

Подписано в печать 16.02.2012.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 18,48. Уч.-изд. л. 15,71.
Заказ 25. Тираж 110 экз.

ЛИ 02330/0552803 от 09.02.2010

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Барановичский государственный университет»,
225404, г. Барановичи, ул. Войкова, 21.