

**Пантелєєва Ірина Вікторівна**

### **СТАН РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВІ БІОТЕХНОЛОГІЇ**

У статті розглядаються основні аспекти розвитку сучасної енергетики, зокрема – використання нетрадиційних видів палива. Ці види не знайшли широкого використання в енергетиці, хоча мають досить високу теплотворну здатність. До таких видів палива відноситься біологічне паливо. Проаналізовані шляхи подальшого розвитку біоенергетики, проблеми і ризики, пов'язані з її інтенсивним впровадженням. Розглянуті види біопалива і технології здобуття біомаси.

Ключові слова: енергетика, біопаливо, біомаса, джерело енергії, електростанція, біогазифікація, ризики біоенергетики, електроенергія.

**Пантелеева Ирина Викторовна**

### **СОСТОЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ БИОТЕХНОЛОГИЙ**

В статье рассматриваются основные аспекты развития современной энергетики, в частности – использование нетрадиционных видов топлива. Эти виды не нашли широкого применения в энергетике, хотя имеют достаточно высокую теплотворную способность. К таким видам топлива относится биологическое топливо. Проанализированы пути дальнейшего развития биоэнергетики, проблемы и риски, связанные с ее интенсивным внедрением. Рассмотрены виды биотоплива и технологии получения биомассы.

Ключевые слова: энергетика, биотопливо, биомасса, источник энергии, электростанция, биогазификация, риски биоэнергетики, электроэнергия.

**Panteleeva Irina**

### **DEVELOPMENT OF ENERGY STATUS ON THE BASIS OF BIOGEOTECHNOLOGIES**

The basic aspects of development of modern energy are examined in the article, in particular is the use of untraditional types of fuel. These kinds did not

find a wide use in energy, although have a high enough heating value. A biological fuel behaves to such types of fuel. The ways of further development of bioenergetics, problems and risks, related to its intensive introduction, are analysed. The types of biopropellant and technology of receipt of biomass are considered.

Keywords: energy, biopropellant, biomass, energy source, power-station, biogasification, risks of bioenergetics, electric power.

## Введение

**Постановка проблемы и анализ последних публикаций.** Во всем мире и в Украине, в частности, все чаще и острее возникает вопрос нехватки энергоресурсов, их дороговизны, а также загрязнения окружающей среды вредными отходами производства электроэнергии на тепловых электростанциях. Значимость информации о новых разведанных ресурсах традиционных источников энергии возрастает как с экономической, так и со стратегической точки зрения. К традиционным источникам энергоресурсов относятся: нефть, газ, уголь, торф, уран. У экологов серьезные опасения за состояние нашей планеты вызывает повсеместное использование этих видов топлива, существует риск того, что следующие поколения столкнутся со сложнейшими задачами по восстановлению нормальной экологической обстановки на Земле.

В сложившихся обстоятельствах на первое место выходит способ получения энергии с помощью нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. Некоторые виды топлива, ныне относящиеся к нетрадиционным источникам энергии, известны достаточно давно, но в силу различных причин не используются. В связи с бурным развитием технологий одним из существующих преимуществ таких нетрадиционных источников энергии является тенденция снижения их цены, а недавнее повышение мировых цен на нефть и природный газ привело к очередному всплеску

интереса к развитию технологий с применением, в частности, биологического топлива [1, с. 20].

Стратегия развития энергокомплексов многих стран мира связана с использованием нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, что является реальным путем для успешного решения проблемы энергоснабжения и сохранения окружающей среды [2, с. 223].

В настоящее время, биомасса является одним из крупнейших мировых источников возобновляемой энергии и имеет значительный потенциал для расширения производства тепла, электроэнергии и топлива для транспорта. Однако, на сегодняшний день доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мировом энергетическом балансе невелика – порядка 14 %, а вклад биомассы – около 1,8 %. Но, как показывает практика, даже незначительные колебания в предложении на рынках энергетических ресурсов вызывают сильные изменения цен. Это говорит о том, что роль альтернативной энергетики в укреплении стабильности на рынках энергетических ресурсов в перспективе будет только расти.

По прогнозам специалистов [3, с. 34], доля возобновляемых источников энергии к 2040 году достигнет 47,7 %, а вклад биомассы - 23,8 %.

Биотопливо – продукт переработки биомассы, один из видов биотоплива – компост, причем в компостных контейнерах при переработке выделяется тепловая энергия, которую можно употреблять для технических нужд.

Все виды биотоплива можно классифицировать следующим образом [4, с. 53]:

- первичное древесное топливо (дрова, лесосечные отходы, щепа, энергетический лес);
- вторичное древесное топливо (дрова, опилки, стружка, гранулы, пеллеты, брикеты, древесный уголь);
- утилизированное древесное топливо (отработанные щелока целлюлозного производства, бумажное и картонное вторсырье):

- утилизированное топливо из промышленных и бытовых отходов (биогаз из различной биомассы, и в том числе от анаэробной очистки бытовых и промышленных стоков);

- жидкие виды биотоплива (биоэтанол, дизельное растительное топливо и т.д.):

- недревесные биомассы (солома, отходы растениеводства и т.д.)

Ресурсы биомассы в различных видах есть практически во всех регионах мира, и почти в каждом из них может быть налажена ее переработка в энергию и топливо. На современном уровне за счет только биомассы можно получить 6÷10 % от общего количества энергетических потребностей стран.

**Цель статьи:** анализ направлений получения и использования биотоплива в мировой энергетике, развитие биоэнергетики в мире, разработка мероприятий по развитию устойчивой биоэнергетики Украины.

### **Основной материал**

Что касается биомассы, то известны различные способы ее преобразования в энергию:

- получение растительных углеводов (предельные и непредельные углеводороды, растительные масла, высокомолекулярные жирные кислоты);
- прямое сжигание биомассы, газификация, пиролиз, флест-пиролиз, сжижение;
- биотехнологическая конверсия биомассы в топливо (при влажности более 75 %); низкоатомные спирты, жирные кислоты, биогаз.

В последние десятилетия появились и сравнительно новые виды биотоплива:

- пеллеты;
- получаемый из твердых бытовых отходов (ТВО) биогаз;
- продукты жизнедеятельности микроорганизмов.

В последнее время новый вид биотоплива в Европе стал очень популярен. Дело в том, что эти гранулы называют «улучшенным» топливом, так как теплотворная способность одной тонны пеллет сопоставима с теплотворностью тонны угля, а 2 тонны гранул соответствуют одной тонне нефти или кубометру газа. Еще одним несомненным плюсом пеллет является то, что они не самовозгораются, так как в их структуре мало межпоровое пространство (например, в угле больше). Теплотворная способность пеллет меньше, чем каменного угля, нефти, природного газа. Однако их сжигание не оказывает такого негативного влияния на окружающую среду, как сжигание традиционных топлив.

В настоящее время отходы лесного хозяйства, сельского хозяйства и жилищно-коммунального комплекса являются основным сырьем для генерации электрической и тепловой энергии из биомассы. Кроме того, незначительная доля сельскохозяйственных культур – сахарные, зерновые, растительное масло используются в качестве сырья для производства жидкого биотоплива. Сегодня объем энергии потребляемой биомассы составляет около 50 ЭДж во всем мире и составляет около 10-15 % мирового годового потребления первичной энергии. Это, главным образом, традиционная биомасса для приготовления пищи и отопления. Однако, существует значительный потенциал для расширения использования биомассы за счет большого объема неиспользованных остатков и отходов. Использование обычных растительных культур для генерации энергии также может быть расширено, если будет правильно учтен спрос на продовольствие и имеются свободные площади. В среднесрочной перспективе, лигноцеллюлозные культуры (как травянистые, так и древесные) могут быть получены на маргинальных, деградированных и излишках сельскохозяйственных земель и потенциально способны обеспечить большую биомассу.

В долгосрочной перспективе, водная биомасса (водоросли) также может внести значительный вклад.

Исходя из широкого спектра сырья, технический потенциал биомассы оценивается более чем 1500 ЭДж/год к 2050 году, хотя существующие тенденции получения биомассы указывают, что ежегодный потенциал составляет 200-500 ЭДж/год (за исключением водной биомассы).

Отходы лесного и сельского хозяйства и другие органические отходы (в том числе твердые бытовые отходы (ТБО)) могут обеспечить от 50 до 150 ЭДж/год, в то время как остальная часть биоэнергии может быть сгенерирована в результате использования энергетических культур, избытков роста лесов и увеличения продуктивности сельского хозяйства. Различные пути развития низкоуглеродистой энергетики показывают, что будущий спрос на биоэнергию может составить до 1000 ЭДж/год. Можно предположить, что биомасса может внести от 1/4 до 1/3 в будущем мировом энергетическом балансе. Безусловно, что в действительности многое будет зависеть от ценовой конкурентоспособности биоэнергии и будущих глобальных решений, таких, как целевые показатели выбросов парниковых газов [5, с. 56].

Рост использования ресурсов биомассы в среднесрочном периоде до 2030 года будет зависеть от ряда факторов. Строгие цели в возобновляемой энергии, установленные на региональном и национальном уровне (например, Европейская директива по возобновляемой энергии), вероятно, приведут к значительному увеличению спроса. Это требование может быть выполнено за счет увеличения использования остатков и отходов сахара, крахмала и масличных культур, а также больше, за счет лигноцеллюлозных культур. Вклад в энергетику сельскохозяйственных культур зависит от выбора сельскохозяйственных культур и скорости их роста, которые зависят от производительности труда в сельском хозяйстве, экологических ограничений, наличия воды и материально-технических возможностей. При благоприятных условиях существенный рост может быть достигнут в течение ближайших 20 лет. Однако оценки потенциального роста производства сильно отличаются. Например, потенциал биомассы из отходов

и энергетических культур в ЕС до 2030 года оценивается в пределах от 4,4 до 24 ЭДж.

Долгосрочный потенциал для выращивания энергетических культур во многом зависит от:

- наличия свободной земли, которая зависит от развития продовольственного сектора (рост спроса на продовольствие и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур) и факторов, ограничивающих доступ к земле, таким как вода и охрана природы;

- выбора энергетических культур, которые определяют выход биомассы и могут быть получены на свободной земле;

- другие факторы, которые могут повлиять на потенциал биомассы, включают влияние биотехнологий, таких как генетически модифицированные организмы, наличие воды и последствия изменения климата.

Использование биомассы зависит от нескольких факторов:

- затрат на производство биомассы – 4 доллара США на получение 1 ГДж часто рассматривается как верхний предел, когда биоэнергетика может быть широко развита сегодня во всех секторах;

- логистики – как и все сельскохозяйственное сырье, энергетические культуры и отходы требуют соответствующей цепочки поставок и инфраструктуры;

- ресурсов и охраны окружающей среды – производство сырья для биомассы может иметь как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду (наличие и качество воды, качество почвы и биоразнообразии). Необходимо учитывать законы, которые могут ограничивать или стимулировать существующие практики (например, экологические законы, стандарты устойчивости и т.д.).

Для использования биоэнергетического потенциала в долгосрочной перспективе усилия должны быть направлены на повышение уровня выхода биомассы и модернизацию сельского хозяйства, прямое увеличение

глобального производства продуктов питания и, таким образом, ресурсов для биомассы. Это может быть достигнуто путем развития технологий, а также распространения устойчивого ведения сельского хозяйства. Также необходимо поощрять и способствовать развитию устойчивого использования остатков и отходов для производства биоэнергии, которая представляет ограниченные или нулевые экологические риски.

Существует много путей, которые могут быть использованы для преобразования исходной биомассы в конечный продукт в виде энергии. Несколько технологий были разработаны и адаптированы исходя из различной физической природы и химического состава исходного сырья и вида энергии (тепло, энергетика, топливо для транспорта). Модернизация технологий для биомассы (например, таблетирование, торрефикация и пиролиз) в настоящее время разрабатывается для преобразования громоздкой сырой биомассы в более плотные и практичные носители энергии для эффективной транспортировки, хранения и удобного использования в последующих процессах преобразования. Производство тепла за счет прямого сжигания биомассы является ведущим использованием биоэнергии во всем мире и часто является экономической альтернативой ископаемому топливу.

Технологии варьируют от элементарных до сложных печей. Для более эффективного использования энергии из биомассы современные крупномасштабные тепловые решения часто сочетаются с производством тепла и электрической энергии (когенерации). Совместное сжигание угля и биомассы в тепловых электростанциях является наиболее экономичным использованием биомассы для производства энергии.

В транспортном секторе, первое поколение биотоплива широко используется в ряде стран – в основном, биоэтанол из крахмала и сахарных культур и биодизель из масличных культур, и остаточных масел и жиров. Затраты на производство биотоплива значительно различаются в зависимости от используемого сырья (и их нестабильных цен), так и

масштабов завода. Потенциал для дальнейшего развертывания этих технологий первого поколения достаточно высокий при условии устойчивых критериев землепользования. Однако первое поколение биотоплива сталкивается как с социальными, так и с экологическими проблемами, в основном потому, что для их производства используются продовольственные культуры, что может привести к росту цен на продовольствие и, возможно, косвенным образом изменить структуру землепользования.

Второе поколение технологий, в основном, использует лигноцеллюлозное сырье для производства этанола, синтетического дизельного и авиационного топлива. Однако данные технологии еще незрелые и необходимо их дальнейшее развитие и инвестиции, чтобы продемонстрировать надежную работу в коммерческом масштабе и снизить стоимость за счет масштабирования и репликации. При этом текущий уровень деятельности в области показывает, что эти технологии, скорее всего, станут коммерческими в течение следующего десятилетия.

Третье поколение биотоплива, такое как масла, получаемые из водорослей, находится на стадии научных исследований и требует значительных усилий, прежде чем оно может стать конкурентоспособным на энергетическом рынке.

Главными преимуществами биогаза является его возобновляемость, наличие местных источников сырья для получения топлива, снижение парникового эффекта и экологического ущерба от систем сбора органических отходов, обеспечение экологически замкнутой энергетической системы. Биогаз – универсальное топливо, являющееся продуктом метанового брожения жидких органических отходов (канализационных стоков, навоза). Метановое брожение является комплексным процессом, который, прежде всего, позволяет утилизировать отходы канализации и сельскохозяйственного производства, превратив их в удобрения, и является источником получения горючего газа на основе метана.

В США в настоящее время годовой объем выработки биогаза составляет 500 млн. м<sup>3</sup>. Значительная часть его поступает на электростанции. Суммарная электрическая мощность установок, работающих на биогазе, составляет около 200 МВт. Кроме этого, В США получили широкое распространение установки для использования отходов небольших скотоводческих ферм с поголовьем крупного рогатого скота до 150 голов. Принятый Конгрессом США акт «Об использовании биомассы» по существу сформулировал государственную программу, по которой было выделено 500 млн. долларов на первый год для университетов и лабораторий, которые займутся разработкой технологий. Цель программы – разработать дешевую технологию, а через 25 лет перевести 25 % химической промышленности страны на растительное сырье – на кукурузу, только в данном случае на переработку пойдут стебли и другой мусор, который раньше сжигали.

В ноябре 2007 года в Великобритании было создано Агентство по возобновляемому топливу (англ. Renewable Fuels Agency), которое должно контролировать введение требований к использованию возобновляемого топлива. В Великобритании добывается в год около 200 млн. м<sup>3</sup> биогаза. Суммарная мощность БиоЭС Великобритании составляет около 80 МВт. Во Франции добывается в год около 40 млн. м<sup>3</sup> биогаза. На одной из свалок вблизи Парижа была построена био-ТЭС, использующая биогаз, эмиссия которого составляет 1,5 тыс. м<sup>3</sup> в сутки.

Ведущее место по производству биогаза занимает Китай. Начиная с середины 70-х годов, в этой стране ежегодно строилось около миллиона метантенков. В настоящее время их количество превышает 20 млн. штук. КНР обеспечивает 30 % национальных потребностей в энергии за счет биогаза. В настоящее время в Китае эксплуатируется более 5 млн. семейных биогазовых реакторов (ферментеров), ежегодно производящих около 1,3 млрд. м<sup>3</sup> биогаза, что обеспечивает газом для бытовых нужд свыше 35 млн. человек. Также имеются 600 больших и средних биогазовых станций, которые используют органические отходы животноводства и птицеводства,

винных заводов с общим объемом 220 тыс. м<sup>3</sup>. Действуют 24 тыс. биогазовых очистительных реакторов для обработки отходов городов, работают около 190 биогазовых электростанций с ежегодным производством 3109 Вт·ч. Биогазовая продукция в Китае оценивается в 33 ПДж.

Второе место в мире по производству биогаза занимает Индия, в которой еще в 30-е годы была принята первая в мире программа по развитию биогазовой технологии. На конец 2000 г. в сельских районах Индии было построено свыше 1 млн. метантенков, что позволило улучшить энергообеспеченность ряда деревень, их санитарно-гигиеническое состояние, замедлить вырубку окрестных лесов и улучшить почвы. Сегодня ежедневное производство биогаза в Индии составляет 2,5-5 млн. м<sup>3</sup>. В Индии, как и в Китае, основной упор сделан на семейные и общинные биогазовые установки – в 1993 г. их было около 2 млн. Ежегодно в Индии вводится в эксплуатацию 5,6 тыс. таких установок, дающих от 2 до 400 м<sup>3</sup> биогаза в день. Основные положения национальной программы Индии по развитию биогазовых технологий включают в себя пункты по снабжению чистой энергией для отопления и приготовления пищи, получению органических удобрений, повышению эффективности сельскохозяйственного производства и многое другое.

Большое количество биогаза производится также и при переработке твердых бытовых отходов городов: в США – 9 ПДж, Германии - 14 ПДж, Японии – 6 ПДж, Швеции – 5 ПДж.

Стремление к устойчивой энергетической системе может потребовать использования больше биоэнергетики, чем намечено в рамках бизнес-проектов. Необходимо четко оценивать все риски, которые влечет биоэнергетика:

1. Поставки сырья. Этот риск связан непосредственно с использованием биологических процессов (погодные и сезонные колебания), которые могут привести к значительным изменениям поставок сырья в терминах количества, качества и цены. Стратегии по уменьшению риска уже

широко используются пищевой промышленностью и энергетическими рынками и включают, например, создание буферных запасов.

2. Экономия на масштабе и логистике. Многие коммерческие предприятия, имеющие технологии, страдают от плохой экономики из-за малого масштаба производства и наоборот, большие объемы требуют улучшения и более сложной логистики поставок сырья. В связи с этим, необходимо предпринимать усилия для разработки технологий в соответствующих масштабах и с соответствующей логистикой поставок для удовлетворения различных требований [6, с. 141, с. 143].

3. Конкуренция. Биоэнергетические технологии конкурируют с другими возобновляемыми и невозобновляемыми источниками энергии, и могут конкурировать за сырье в других секторах, таких как продукты питания, химические вещества и материалы. Кроме того, разработка технологий производства второго поколения биотоплива может привести к конкуренции за биомассу, возможно, с другими секторами промышленности. В связи с этим, необходима государственная поддержка, которая должна быть направлена на развитие экономических путей развития биоэнергетики и на производство большего количества биомассы из устойчивых источников.

4. Участие общественности. Это основной фактор риска перед альтернативными источниками энергии и биоэнергетики в частности. Общественность должна быть информирована и уверена, что биоэнергетика является экологически и социально полезной и не приведет к значительным негативным экологическим и социальным явлениям.

Украина находится на этапе перехода к устойчивому социально-экономическому развитию. В то же время экономика страны характеризуется высоким потреблением энергии. Высокая энергоемкость экономики приводит к нерациональному использованию топливно-энергетических ресурсов, снижает конкурентоспособность экономики и приводит к существенному загрязнению окружающей среды.

Вместе с тем, Украина обладает значительным биоэнергетическим ресурсом. Помимо отходов сельского хозяйства (энергетический потенциал 3,9 ПДж), следует обратить внимание на проблему твердых бытовых отходов, которая становится одной из самых острых хозяйственных и природоохранных проблем. Удельные показатели образования отходов по данным департамента экологии Министерства охраны окружающей среды в больших городах достигают в среднем 0,5 кг в день с 1 чел. и имеют тенденции к росту.

Украина имеет хорошие шансы на развертывание биоэнергетики и получение соответствующих выгод. Биоэнергетика уже вносит в мире существенный вклад в решение этих проблем и может способствовать гораздо большему через существующие и новые технологии преобразования и сырья. Кроме того, биоэнергетика может способствовать другим экологическим и социальным задачам, таким как обработка отходов и развития сельских районов.

Следует, однако, помнить, что помимо того, что биоэнергетика может привести к многочисленным внешним выгодам, ее развертывание влечет за собой и риски. Разработка и внедрение стратегии должны быть основаны на тщательном рассмотрении сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз, которые характеризуют ее.

Представляется, что дальнейшее развертывание биоэнергетики и, в частности, биотоплива для транспорта в краткосрочной перспективе должно осуществляться путем:

- особого внимания к вопросам устойчивого развития технологий, непосредственно связанных с биомассой в производстве энергии, и предотвращения или смягчения негативного воздействия через разработку и внедрение устойчивых схем:

- стимулирования биотоплива на основе его потенциальной выгоды в контексте парниковых газов:

- учета потенциального воздействия спроса на биомассу для генерации энергии на товарных рынках и косвенного изменения землепользования.

Разработка новых и улучшение существующих технологий конверсии биомассы будут иметь важное значение для широкого развертывания и долгосрочного успеха в нашей стране.

Государственные и частные финансовые проекты должны быть направлены на исследования, разработки следующим образом [7, с. 103]:

- для производства жидкого биотоплива – передовые технологии, которые позволяют более широко использовать сырьевую базу с использованием непродовольственных культур с меньшим количеством экологических и социальных рисков и более низким выходом парниковых газов;

- для производства тепла и электроэнергии – более эффективной передовой технологии, с улучшением рентабельности использования в малых хозяйствах, чтобы обеспечить рациональное использование биомассы;

- для производства новой биомассы – модернизация технологий и многопрофильных биореакторов, которые могли бы способствовать развертыванию общей экономической конкурентоспособности биоэнергии.

Наличие остатков и отходов будет ограничивать развитие биоэнергии в долгосрочной перспективе, поэтому необходима стратегия, которая должна быть направлена на стимулирование производительности труда в сельском и лесном хозяйствах, а также государственных и частных решений, направленных на разработку новых энергетических культур, таких как многолетние лигноцеллюлозные культуры, и других видов биомассы, таких, как водоросли, которые необходимы для устойчивого роста биоэнергетической промышленности.

### **Выводы**

1. В работе проанализированы пути получения и использования биотоплива в мире.

2. Дальнейшее развитие биоэнергетики в Украине и мире может

обеспечить:

- еще больший вклад в глобальную традиционную энергетику;
- значительное сокращение выбросов парниковых газов и, возможно, получение других экологических выгод;
- повышение энергетической безопасности и торгового баланса, заменяя импорт ископаемых видов топлива внутренней биомассой;
- возможности для экономического и социального развития сельской местности;
- возможности использования отходов, их сокращение, решение проблем утилизации и повышения эффективности использования ресурсов.

### Литература

1. Панцхава Е.С. Биоэнергетика – самостоятельная часть современной энергетики / Е.С. Панцхава // Биоэнергетика, 2007.- № 1.- С. 17-25.
2. Пантелеева И.В. Анализ путей развития биоэнергетики / И.В. Пантелеева, С.А. Козюпа // Системи обробки інформації.- Х.: ХУПС, 2010.- № 1(82).- С. 223-225.
3. Коробко Б.П. Концепція та основні завдання галузевої програми впровадження нових та поновлених джерел енергії / Б.П. Коробко, М.М. Жовнір // Энергетика и электрификация, 1999.- № 7.– С. 33-41.
4. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования / В.Е. Лотош // Екатеринбург: Изд-во УРГУПС, 2002.– 463 с.
5. Гютт А. Мини-дрова на экспорт и не только / А. Гютт // Биоэнергетика, 2007.- № 1.- С. 55-57.
6. Шматько Н.М. Організація планування структурних змін у процесі розвитку промислового підприємства / Н.М. Шматько // Управління розвитком: зб. наук. робіт. – Х.: Вид-во ХНЕУ, 2016.- № 4(186).- С. 138-143.
7. Пантелеева І.В. Сучасний стан економічного розвитку мікроГЕС у світі / І.В. Пантелеева, Н.М. Шматько // Вісник нац. техн. ун-ту «ХПІ», 2016.- № 47(1219).- С. 101-104.