

Биоэнергетика и утилизация парниковых газов

В.И. Курин, доцент, канд. техн. наук

Г.И. Хазанов, доцент, канд. техн. наук

М.А. Апарушкина, доцент, канд. техн. наук

Московский государственный университет дизайна и технологии

e-mail: paxt@yandex.ru

Ключевые слова:

атмосфера,
биомасса,
водоросли, биотопливо.

В работе рассмотрены экологические проблемы использования углеводородного топлива. Проведена оценка необходимой площади для выращивания биомассы водорослей и дальнейшего использования ее в качестве твердого топлива на тепловых электрических станциях (ТЭС). Показана целесообразность производства биомассы микроводорослей в процессе фотосинтеза в качестве сырья для выработки биотоплива.

1. Введение

Две проблемы большой энергетики — снижение запасов органического топлива и загрязнение окружающей среды — тесно связаны друг с другом. Их решение предусмотрено энергетической стратегией России, цели и приоритеты которой рассмотрены в [1].

Основное количество электроэнергии в нашей стране вырабатывается на тепловых электростанциях, предполагающих сжигание топлива. Общие запасы органического топлива на земле составляют 12800 млрд т условного топлива (т у. т.), из них природный газ — 630, нефть и газовый конденсат — 740, каменный уголь — 11200 млрд т у. т. Годовое потребление в мире достигло 13 млрд т у. т. и продолжает расти. Отметим, что расходуется в первую очередь более чистый в экологическом отношении природный газ, затем идут нефть и газовый конденсат. При оценке реальных запасов следует учесть также коэффициент извлечения топлива, не превышающий, как правило, 0,5 (50%). При сжигании топлива в атмосферу поступают окислы углерода, серы, азота, пары воды, сажа, соединения свинца, мышьяка, ртути, хрома, меди и другие вредные вещества. Наиболее чистым топливом является газ, затем идет мазут, но и он содержит не менее 2,5% серы, а угли содержат наибольшее количество серы (например, подмосковные угли содержат от 6% серы), образующей при сгорании двуокись серы. В продуктах

сгорания содержится вызывающий онкологические заболевания бензапирен. Огромный вред наносится гидросфере при попадании в нее нефтепродуктов, 1 т которых растекается на площади 1 км², закрывая доступ атмосферного воздуха в воду, а также препятствуя самоочищению водоемов. Сброс охлаждающей воды на ТЭС в водоемы следует рассматривать как тепловое загрязнение, вызывающее бурный рост и последующее гниение и заражение водоемов сине-зелеными водорослями. Все вредные соединения, попавшие с продуктами сгорания в атмосферу, с осадками возвращаются на землю и поступают в гидросферу и литосферу. Например, кислотные осадки, поступая в почву, истощают щелочную составляющую и закисляют ее, а также выщелачивают алюминий и тяжелые металлы, которые затем попадают в пищевую цепь. Кислотные осадки, увеличивая кислотность водоемов, снижают продуктивность живых обитателей водоемов или убивают их. Основной ущерб экологии планеты при эксплуатации ТЭС оказывает поступление двуокси углерода в атмосферу.

Существуют технические и биологические способы снижения содержания парниковых газов в атмосфере. Технические методы хорошо известны и подробно рассмотрены в [2]. Однако технические методы либо сложны, либо чрезмерно энергозатратны. К биологическим способам снижения парниковых газов в атмосфере можно отнести ассимиляцию пар-

никовых газов живыми организмами в процессе фотосинтеза. При этом поглощается двуокись углерода и образуется биомасса, которая затем используется для производства биотоплива. Однако наземным экологическим системам присущи недостатки — необходимость больших площадей для выращивания зерна, сахарного тростника, рапса, низкая эффективность получения и переработки биомассы. Для формирования из биомассы прошлого современных углеводородных топливных ресурсов потребовались миллионы лет, а сегодня человек их интенсивно расходует, загрязняя атмосферу продуктами сгорания. Даже изъятие большого количества биомассы из наземных экологических систем с целью получения биотоплива также приводит, как показано в [3], к увеличению содержания парниковых газов в биосфере.

2. Производство микроводорослей

Обращает на себя внимание производство и переработка культивируемых микроводорослей. Следует отметить, что продуктивность микроводорослей по биомассе в десятки раз превышает продуктивность наземных, в том числе масличных, растений. Например, для их выращивания требуются площади в десятки раз меньше, чем для выращивания рапса.

Во Франции, Германии, Японии, США активно развиваются технологии выращивания микроводорослей в открытых и закрытых системах. В закрытых системах для производства микроводорослей, как показано в [4], за сутки биомасса увеличивается в 30 раз, поглощая при этом большое количество двуокиси углерода и других биогенных веществ, которые поступают с выбросами и стоками энергетики, промышленности и бытовыми стоками. Для интенсивного роста водорослей необходимы свет, питательная среда из микро- и макроэлементов (углерод, азот и фосфор), а также сера, калий, кальций, магний. Температура водной среды при этом поддерживается в диапазоне 25–30 °С. Эти условия легко создать в биореакторе с проточной теплой водой, обогащенной биогенными элементами и углекислым газом. Наиболее просто построить систему выращивания биомассы на предприятиях теплоэнергетики, особенно на ТЭС, работающих на твердых бытовых отходах и осадке сточных вод, так как именно они являются локализованным источником выбросов окислов углерода, азота, серы и других соединений.

Схема производства биомассы водорослей в процессе фотосинтеза выглядит так. В проточной теплой воде под действием солнечного света днем и искусственного освещения ночью выращиваются

водоросли, а питательной средой являются, прежде всего, вода и двуокись углерода, а также и другие вышеуказанные биогенные вещества. Процесс осуществляется в культивационном биореакторе с теплой водой, насыщенной двуокисью углерода и другими биогенными веществами. Одним из вариантов такого биореактора может быть конструкция из прозрачных хорошо освещенных труб, по которым течет вода и идет процесс фотосинтеза, а выращенную биомассу в конце пути отфильтровывают и извлекают.

3. Оценка возможностей биореактора

Экономически выгодно такие биореакторы устанавливать вблизи тепловых электростанций, где имеется избыточное количество теплой воды и выбросной двуокиси углерода и других продуктов сгорания, которыми в качестве биогенной среды можно насыщать проточную воду. Краткая техническая характеристика таких биореакторов, представленных в [5], указана в табл. 1.

Используя эти данные, можно оценить площадь, необходимую для размещения биореактора.

Определим габариты биореактора из условия производства биомассы для обеспечения 30% мощности ТЭС на 500 мВт, т. е. на 150 мВт, работающей на твердом топливе с КПД 32%. При этом производство тепловой энергии от сжигания биомассы с теплотой

$$\text{сгорания } 20 \text{ мдж/кг составит } \frac{150\,000}{0,32} = 469\,000 \text{ кДж/с,}$$

$$\text{для чего потребуется } \frac{469\,000}{20\,000} = 23,45 \text{ кг/с биомассы,}$$

что составит в сутки 2026 т. Далее с помощью таблицы определяем площадь биореактора — 3,6 км². Если принять за основу расчета количество утилизируемой двуокиси углерода, то в биореакторе данной площади оно составит 5836 т/сутки.

4. Пути повышения эффективности работы биореактора

Сократить площадь, занимаемую биореактором, можно при многослойном расположении трубной решетки при условии хорошего освещения каждого

Таблица 1

Техническая характеристика биореакторов		
Производительность сухой биомассы, т/сутки	Утилизируемое количество CO ₂ , кг/сутки	Необходимая площадь биореактора, м ²
1	2881	1619
10	28805	17402
50	144027	89031
100	288053	178062

ее участка. В настоящее время ведутся работы по созданию методами генной инженерии новых штаммов микроводорослей большей продуктивности (сейчас диатомовая микроводоросль известна как наиболее продуктивная) [6]. Ведутся работы по созданию гетеротрофных водорослей, для которых источником углеводов могут служить сахара из целлюлозы, даже при отсутствии освещенности [7].

В России можно развивать исследования и разработки по созданию промышленных штаммов микроводорослей, в том числе толерантных к низким температурам выращивания [8, 9]. Есть предложение создавать промышленные комплексы по культивированию водорослей с утилизацией выбросов топливо-энергетических предприятий и по переработке биомассы в биотопливо с получением высоко-

молекулярных жирных кислот и их эфиров, масел, предельных и непредельных углеводов, спиртов, жирных кислот [10].

5. Заключение

Указанные технологии позволят производить биомассу водорослей и затем получать из нее такие виды биотоплива, как этиловый, бутиловый, метиловый спирты, биодизель, биогаз, синтез-газ, метан, водород и твердое топливо, тем самым частично заменяя ископаемое топливо. Использование продуктов сгорания энергетических предприятий в качестве биогенных веществ в процессе производства водорослей позволит снизить поступление в атмосферу вредных выбросов, в том числе парникового газа двуокиси углерода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение правительства Российской Федерации от 28 августа 2013 г. №1234-Р «Об утверждении Энергетической стратегии России на период до 2020 года».
2. Ежова Н.Н., Сударева С.В. Современные методы очистки дымовых газов тепловых электростанций от диоксида углерода // Теплоэнергетика. 2009. — №1. — С. 14–19.
3. Braatz B.V., Brown S., Isichei A.O. Учет выбросов парниковых газов в Африканских странах и меры по их снижению: лесное и сельское хозяйство, изменения характера землепользования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов: Обзор. информ. ВИНТИ. 1997. — № 12. — С. 80–101.
4. Ogbonna J.C., Tanaka H. Industrial-size photobioreactors // Chemtech. 1997. — Vol. 27. — № 7. — P. 43–49.
5. Jerry W.K. Supersized algae bioreactors // Biodiesel Magazine. 2007. November. <http://www.biodieselmagazine.com/article>.
6. Melis A., Neihardt J., Benemann J. Dunaliella salina (Chlorophyta) with small chlorophyll antenna sizes exhibit higher photosynthetic productivities and photon use efficiencies than normally pigmented cells // Journal of Applied Phycology. 1999. — Vol. 10. — P. 515–525.
7. Bullis K. Fuel from algae. <http://www.technologyreview.com/business/20319/page2/>.
8. Чернова Н.И., Киселева С.В. Использование микроводорослевых биотехнологий в решении проблем рационального природопользования // Инновационные технологии XXI века для рационального природопользования, экологии и устойчивого развития. — М.: Ноосфера, 2004. — С. 205–217.
9. Чернова Н.И., Киселева С.В., Коробкова Т.П., Зайцев С.И. Микроводоросли в качестве сырья для получения биотоплива // Альтернативная энергетика и экология. 2008. — № 9. — С. 68–74.
10. Щеголькова Н.М. Основные направления и перспективы развития биоэнергетики // Теплоэнергетика. 2010. — № 1. — С. 14–19.

Bio-Energetics and Utilization of Greenhouse Gases

V.I. Kurin, Associate Professor, Ph.D. of Engineering, Moscow State University of Design and Technology

G.I. Khazanov, Associate Professor, Ph.D. of Engineering, Moscow State University of Design and Technology

M.A. Aparushkina, Associate Professor, Ph.D. of Engineering, Moscow State University of Design and Technology

The paper considers environmental problems of hydrocarbon fuel usage. The assessment of the area necessary for cultivation of algae biomass and its further use as solid fuel at thermal power plant has been carried out. Expediency of production of microalgae biomass in the process of photosynthesis as raw material for biofuel production is revealed.

Keywords: atmosphere, biomass, algae, biofuel.