

УДК 66.074.3

ОЧИСТКА БИОГАЗА С ПОМОЩЬЮ CHLORELLA VULGARIS

**К. К. Климов¹, Е. Ф. Лизунова², Б. Э. Любомудров³,
М. А. Безматерных⁴, М. В. Волкова⁵**

^{1,2,3,4,5} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

³ Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем
и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

¹ smaili4ek1998@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме очистки биогаза от CO₂. Проведен анализ перспектив использования микроводоросли *Chlorella vulgaris* как агента в биологическом методе очистки биогаза. Рассмотрена возможность совместной технологии для получения очищенного биогаза и кормовых добавок в виде суспензии микроводорослей как ценных компонентов с точки зрения коммерческой выгоды. Оценен потенциал применения биогаза и факторы, сдерживающие рост биогазовой индустрии в России.

Ключевые слова: углекислый газ, природный газ, биогаз, очистка биогаза, сельское хозяйство, альтернативный источник энергии

BIOGAS PURIFICATION WITH CHLORELLA VULGARIS

**K. K. Klimov¹, E. F. Lizunova², B. E. Lubomudrov³,
M. A. Bezmaternykh⁴, M. V. Volkova⁵**

^{1,2,3,4,5} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

³ Science and Engineering Center “Reliability and Safety of Large Systems
and Machines” of the UB of the RAS, Ekaterinburg, Russia

¹ smaili4ek1998@mail.ru

Abstract. The article is dedicated to the problem of cleaning biogas from CO₂. A literary analysis of the prospect of using the microalga *Chlorella vulgaris* as an agent in the biological method of biogas purification has been carried out. The possibility of a joint technology for obtaining purified biogas and feed additives in the form of a

suspension of microalgae, as valuable components from the point of view of commercial benefits, is considered. The potential for using biogas and the factors constraining the growth of the biogas industry in Russia are assessed.

Keywords: carbon dioxide, natural gas, biogas, biogas purification, agriculture, alternative energy source

Альтернативные источники энергии все больше привлекают внимание топливно-энергетической промышленности. Одним из наиболее перспективных видов биотоплива является биогаз.

В настоящее время в Китае действует 10 млн фермерских биореакторов. Около двухсот биогазовых установок работают в Австрии, в Германии — почти 10 тыс. [1].

Есть положительные примеры выработки собственной электроэнергии и в российских хозяйствах. Тем не менее в России развитие биогазовой индустрии не так высоко несмотря на хороший потенциал. Одними из наиболее привлекательных с экономической точки зрения источников биогаза являются отходы сельского хозяйства. Кроме того, использование отходов сельского хозяйства может решить сразу две проблемы: утилизацию отходов и получение ценного топлива — биогаза.

Биогаз может использоваться в бытовом секторе, в котором наблюдается преимущественно невысокое потребление газа при его низком давлении [2]. Однако, несмотря на перспективность, кажущуюся простоту и выгодность производства биогаза, есть проблемы, ограничивающие его применение.

Значительное содержание (25–40 %) CO_2 в биогазе влияет на количество требуемого воздуха для полного сгорания топлива [3]. Теплотворная способность биогаза меньше (от 21 до 27,2 МДж/м³), чем у природного газа. Это сказывается на расходе подаваемого топлива [3]. Расчетные характеристики очищенного биогаза до содержания метана 80 % и более соответствуют требованиям, предъявляемым к природным газам (ГОСТ 5542–87). Следовательно, после очистки биогаза можно использовать его, как моторное топливо [4].

Высокая стоимость хранения и транспортировки биогаза связана с невозможностью сжать биогаз до высоких давлений из-за повышенного содержания углекислого газа. Двуокись углерода разбавляет биогаз и вызывает потери при его хранении. По этой причине важно стремиться к высокому содержанию метана и как можно более низкому содержанию двуокиси углерода [5].

Химические методы очистки неприемлемы из-за потребности в большом количестве реагентов и большом выходе отходов реакции, а метод растворения углекислого газа в воде, применяемый промышленно, требует достаточно сложного и дорогого оборудования [2].

Очистка биогаза с использованием водорослей включает использование фотосинтетической способности водорослей. Использование биогаза в качестве источника углекислого газа имеет два основных преимущества: снижаются затраты на производство биомассы и производимая биомасса не содержит вредных соединений. Скорость роста микроводорослей, потребляющих биогаз идентична скорости роста культуры, выращенной на смеси воздуха и пищевого CO_2 [6]. Такая технология, с одной стороны, обеспечивает эффективность и относительную простоту очистки с минимальным количеством затрат, с другой — получение ценного продукта в виде микроводорослей.

Полученные водоросли относительно недороги, потому что выращивание водорослей требует минимального количества питательных веществ [6], а в случае очистки биогаза синтетическая среда для выращивания успешно заменяется на разбавленные перебродившие отходы биогазового производства, при этом полностью утилизируются отходы производства.

Перспективна в изучении микроводоросль *Chlorella vulgaris* — быстрорастущий вид микроводорослей, интересных в отношении производства вторичных метаболитов с полезными для здоровья свойствами. Совсем недавно было также высказано предположение, что она является хорошими кандидатом для производства топлива и очистки биогаза [7].

В последнее время в сельском хозяйстве все чаще встает проблема необходимости внедрения ресурсосберегающих технологий содержания и кормления животных. Одной из них является использование в качестве витаминно-кормовой добавки и профилактического средства против болезней биомассы хлореллы. Введение ее в виде суспензии в рацион скота и птицы позволяет в значительной мере заменить дорогостоящие витаминные и лекарственные препараты [8].

Направлением развития такой перспективной индустрии, как биогазовая, сегодня может стать разработка технологии очистки биогаза с применением микроводорослей, в частности *Chlorella vulgaris*. Такое решение может снизить стоимость и повысить эффективность очистки биогаза от углекислого газа — основной проблемы, ограничиваю-

щей применение биогаза и приводящей к увеличению его стоимости в очищенном виде. Вместе с тем, по нашему мнению, эта технология может рассматриваться как совместная — для получения очищенного биогаза и кормовых добавок в виде суспензии микроводорослей.

Список источников

1. Актуальность применения биогазовых установок в России и за рубежом / Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казан. ГАУ. 2017. № 2 (44). С. 71–74.
2. Бирюков А. Б., Гнитиёв П. А., Дробышевская И. П. Анализ технологии производства биогаза из органических отходов для замены природного газа // Вестник Донец. нац. техн. ун-та. 2017. № 1 (7). С. 25–31.
3. Жигалов Д. А. Взаимозаменяемость природного газа и биогаза // Современ. науч. исслед. и инновации. 2019. № 5 (97). С. 9.
4. Абдурахманов Д. Р. Обоснование применения биогаза в качестве моторного топлива // Вестник науки. 2020. № 5 (26). С. 88–92.
5. Давронов Ф. Ф., Хужжиев М. Я. Состав и качество биогаза // Вопросы науки и образования. 2018. № 2 (14). С. 24–25.
6. Ramaraj R., Dussadee N. Biological purification processes for biogas using algae cultures: A review // International Journal of Sustainable and Green Energy. 2015. Vol. 4, Iss. 1–1. P. 20–32.
7. Ramaraj R., Unpaprom Y., Dussadee N. Cultivation of Green Microalga, *Chlorella vulgaris* for Biogas Purification // International Journal of New Technology and Research. 2016. Vol. 2, Iss. 3. P. 117–122.
8. Мельников С. С. Мананкина Е. Е. Использование хлореллы в кормлении сельскохозяйственных животных // Наука и инновации. 2010. № 8 (90). С. 40–43.