

УДК 328

ГИДРОТЕРМАЛЬНОЕ СЖИЖЕНИЕ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ И ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПРИСУТСТВИИ КАТАЛИЗАТОРА**М.С. Власкин, М.С. Котелев***РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Москва, Россия,*

Биомасса микроводорослей как сырье для производства биотоплив третьего поколения выгодно отличается от сельскохозяйственного сырья тем, что не требует для своего производства значительных посевных площадей и не может значительно влиять на стоимость пищевых культур на мировом рынке [1, 2]. Также, использование микроводорослей в качестве базового сырья для биоэнергетики более перспективно по сравнению с древесным сырьем, поскольку биомасса микроводорослей может быть воспроизведена в промышленных условиях с высокой эффективностью, а её свойства могут варьироваться в процессе культивирования в зависимости от выбранного назначения [3].

Наиболее дешевым методом переработки биомассы микроводорослей является пиролиз и газификация [4], однако из-за высокой влажности биомассы после стадии культивирования (80–90 %), данные способы не могут быть признаны эффективными.

Задачей настоящей работы было исследовать метод гидротермального сжижения биомассы микроводорослей или т.н. «мокрого пиролиза», а также охарактеризовать состав получаемой на выходе «бионефти» – сложной смеси органических соединений. В отличие от сухого пиролиза гидротермальному сжижению подвергают влажную биомассу, что позволяет значительно снизить энергозатраты.

В качестве сырья была использована биомасса цианобактерий *Arthrospira platensis*, процесс гидротермального сжижения проводили в реакторе-автоклаве при трех различных температурах: 270, 300 и 330 °С. Продукты переработки извлекали из реактора, отделяли от водной и твердой фазы, а затем анализировали методом термогравиметрии. Также от полученной бионефти отделяли бензиновую фракцию (интервал кипения от н.к. до 220 °С) и анализировали её методом хромато-масс-спектрометрии.

В таблице 1 представлены данные по выходу бионефти и теплоте сгорания получаемых продуктов.

Таблица 1 – Количественные показатели процесса гидротермального сжижения, проводимого при различной температуре

ПОКАЗАТЕЛЬ	270 °С	300 °С	330 °С
Выход сухой бионефти, %	27,3	27,6	32,6
Выход бензиновой фракции, %	11,9	12,1	17,0
Теплота сгорания бионефти, МДж/кг	35,6	36,8	37,7

На рисунке 1 представлены кривые разгонки бионефти, полученные по результатам термогравиметрического анализа. Данные кривые показывают, что получаемая бионефть имеет схожий фракционный состав с ископаемой нефтью, а, следовательно, потенциально может быть переработана с ней совместно в условиях нефтеперерабатывающего завода.

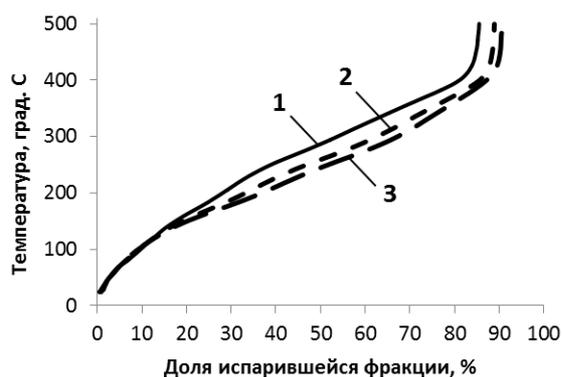


Рисунок 1 – Кривые разгонки бионефти, полученной при различных температурах: 1 – 270 °C, 2 – 300 °C, 3 – 330 °C

При более низкой температуре гидротермального сжижения повышается содержания, снижается содержание легкокипящих компонентов (бензиновой фракции) выход среднестиллятных фракций при этом увеличивается, что говорит о прохождении процессов легкого крекинга при более высокой температуре. Также при низких температурах выход жидких продуктов в целом снижается на 10–15 процентов снижает выход жидких продуктов в целом. Кроме того, полученные продукты обладают слегка пониженной теплотой сгорания.

По результатам хромато-масс-спектрометрии было установлено групповой состав компонентов бензиновой фракции получаемой бионефти, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Групповой состав бензиновой фракции бионефти, полученной при различной температуре

КОМПОНЕНТЫ	270 °C	300 °C	330 °C
Ароматические углеводороды	41,6	55,1	67,8
н-Алканы	21,5	7,8	5,8
Фенолы	4,9	2,2	1,9
Циклоалканы	2,6	1,2	1,3
Органические сульфиды	0,5	1,4	0,6
Пиридины	0,2	0,3	0,6

Бензиновая фракция бионефти содержит большой процент ароматических углеводородов, а также алканов нормального и циклического строения, это делает похожим её на прямогонный бензин, получаемый из ископаемой нефти. Высокое содержание толуола, этилбензола и стирола (около 50 %) свидетельствует о высоком значении октанового числа получаемой бензиновой фракции. С другой стороны, значительное количество фенолов, органических сульфидов и азотсодержащих соединений не позволяет рекомендовать данный продукт для использования в качестве добавки к топливу без применения дополнительных процессов облагораживания, таких как гидроочистка и мягкий гидрокрекинг.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение о предоставлении субсидии № 14.574.21.0137, уникальный идентификатор проекта RFMEF157417 x 0137).

ЛИТЕРАТУРА:

- Clarens, A.F., Resurreccion, E.P., White, M.A. and Colosi, L.M., 2010. Environmental life cycle comparison of algae to other bioenergy feedstocks. *Environmental science & technology*, 44(5), pp.1813–1819.
- Adeniyi, O.M., Azimov, U. and Burluka, A., 2018. Algae biofuel: Current status and future applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 90, pp.316–335.
- Kotelev, M.S., Antonov, I.A., Beskorovainyi, A.V. and Vinokurov, V.A., 2013. Photobioreactor operation condition optimization for high-energy cyanobacterial biomass synthesis to produce third-generation biofuels. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 49(1), pp.1–4.
- Marcilla, A., Catalá, L., García-Quesada, J.C., Valdés, F.J. and Hernández, M.R., 2013. A review of thermochemical conversion of microalgae. *Renewable and sustainable energy reviews*, 27, pp.11–19.