

Исследование роли биомассы в энергопереходе



Дефицит энергоносителей и проблемы охраны окружающей среды обусловили формирование такого нового научно-технического направления как **биоэнергетика** – получение энергии из биомассы, роль которой в энергопереходе очень велика. В развитых странах широко используют **топливо, полученное из биомассы (бионефть, биодизель, биогаз, метан, биоводород)**, которое значительно сокращает выбросы CO₂ и позволяет исключить использование природных ископаемых. Наша исследовательская лаборатория изучает вопросы использования новых источников энергии, которые ранее не могли применяться в связи с нерешенностью ряда технологических задач. Одним из таких источников энергии является **водород**. **Водородная энергетика** относится к стратегическим направлениям развития Российской экономики, поэтому мы занимаемся исследованиями перспектив использования водорода, как альтернативы существующим углеводородным источникам.

Как показали проведенные нами расчеты, водородная энергетика, начиная с 2040-х годов будет играть заметную роль в мировой ТЭБ, а с 2060-х годов – важную роль и, наконец, с 2080-х годов – одну из ключевых ролей. Поэтому в предстоящей гонке Россия не может быть пассивным наблюдателем, поскольку речь идет не только о новом источнике энергии, но и широком комплексе промышленных технологий (от

новых материалов до систем управления), которые могут дать существенные конкурентные преимущества тем, кто ими будет владеть.

По нашему мнению, наиболее перспективным методом производства водорода является **получение водорода из биомассы**, нами разработано **3 основных способа такого получения биоводорода**:

метод 1 – получение биоводорода путем использования биогаза из биомассы органических отходов, с последующим получением биоводорода за счет риформера и очистки попутного CO₂. Нашей научной группой разработана технологическая инструкция по получению биоводорода из биомассы органических отходов и экспериментально получены результаты по процентному содержанию биоводорода в смеси методом паровой конверсии биогазов из биомассы органических отходов;

метод 2 – получение биоводорода при термофильном анаэробном сбраживании биомассы органических отходов;

метод 3 – получение биоводорода из биомассы микроводорослей и создание замкнутой биокаталитической системы получения водорода за счет биофотолиза воды.

Все способы получения биоводорода еще находятся на стадии разработок, но в странах Евросоюза, США, Японии проводятся работы по получению водорода из биогазов и его использования в электроснабжении мелких потребителей.

В 2023-2024 году нашей научной группой планируется разработать несколько технологий получения энергии из биомассы (биодизель, биогаз, биоводород) и провести их технико-экономическое обоснование. Биоводород планируется получать по методу 2, из биомассы органических отходов, методом термофильного анаэробного сбраживания. Биогаз с высоким содержанием метана планируется получать из биомассы органических отходов и микроводорослей методом анаэробного сбраживания при мезофильных условиях.

На данном этапе разработана **Технологическая инструкция получения биодизеля 3-го поколения из биомассы микроводорослей методом экстракции** (рисунок 1), а также проведен выбор наилучшего штамма микроводорослей для получения биодизеля по разработанной технологической инструкции.



Рисунок 1 - Способ получения биодизельного топлива из биомассы микроводорослей

Снижение себестоимости получения биодизеля планируется за счет использования метода этерификации биомассы микроводорослей после очистки воздуха от CO_2 и очистки промышленных сточных вод. Научным коллективом планируется разработать **метод очистки промышленных выбросов CO_2** биомассой микроводорослей рода *Chlorella*.

Для очистки воздуха от CO_2 в замкнутых пространствах был разработан фотобиореактор - биофильтр (рисунок 3), где в качестве фильтрующего материала используется суспензия микроводорослей. Суспензия микроводорослей рода *Chlorella* очищает воздух в помещении, перерабатывая углекислый газ и вырабатывая кислород. Фотобиореактор обладает при этом эстетическим внешним видом, не занимает много места и может быть использован в любом закрытом пространстве, например, в офисе, учебной аудитории и даже в небольшом производственном помещении.

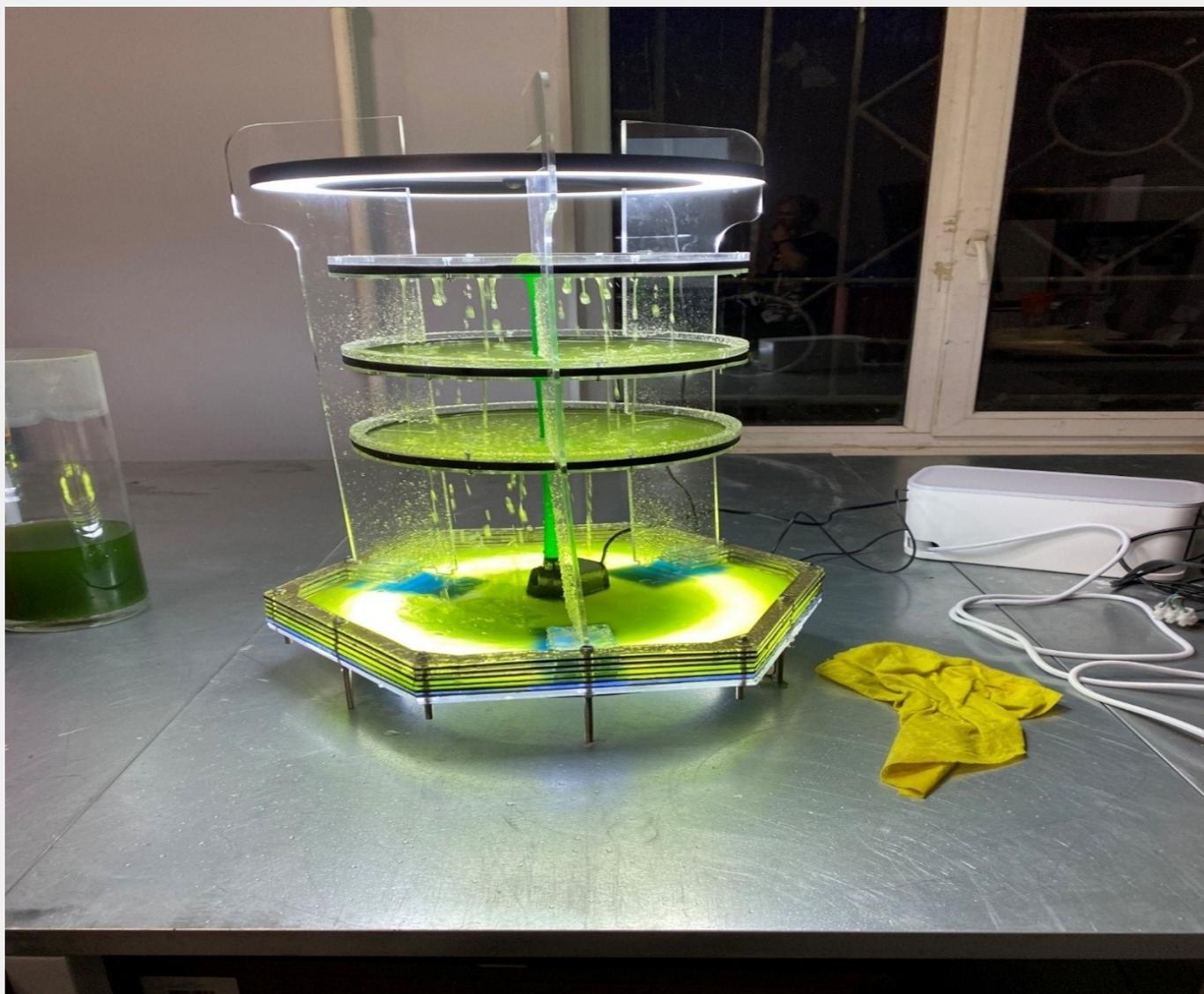


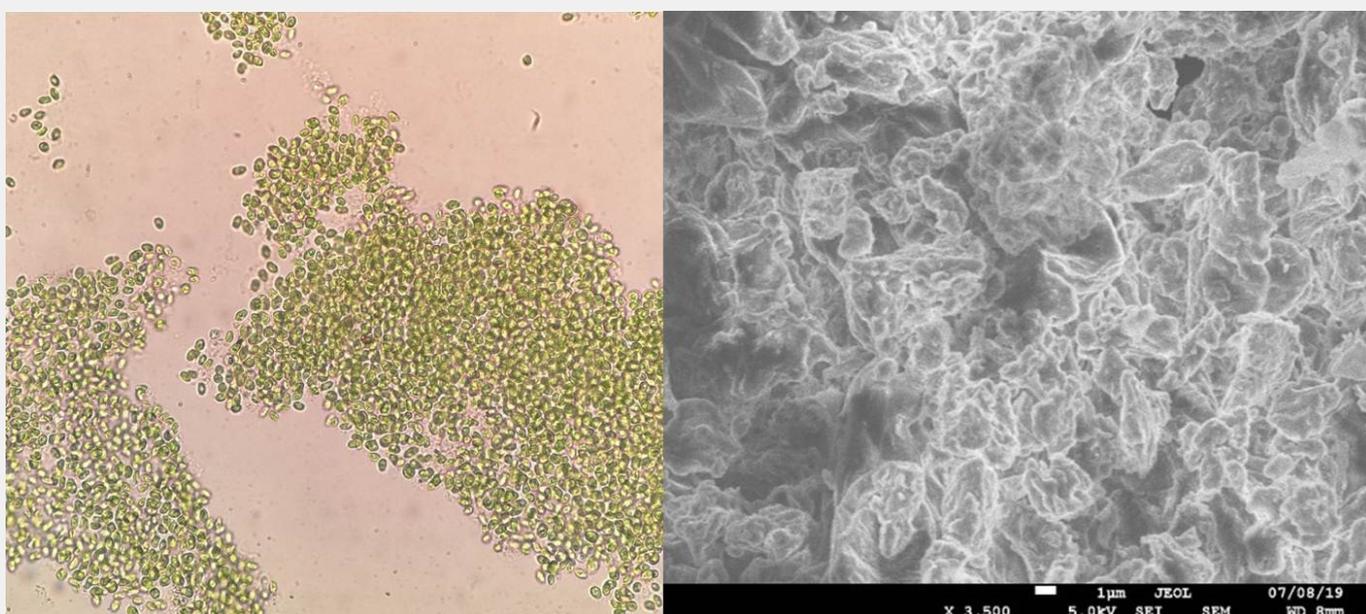
Рисунок 2 – Лабораторный фотобиореактор «КАСКАД», для очистки воздуха

Для уменьшения негативного воздействия выбросов CO_2 и других антропогенных факторов нашим научным коллективом также разработаны способы **биологической очистки сточных вод и почв биомассой**.

Для очистки сточных вод использовали биомассу микроводорослей (рисунок 3) с последующим использованием отработанной биомассы в качестве дополнительного источника энергии.



а



б

Рисунок 3 - Биомасса микроводорослей *Chlorella kessleri* (*C. Kessleri*): а - общий вид, б - клетки и микроструктура поверхности

Такой источник энергии позволит снизить углеродный след за счет двух факторов: 1 - замены традиционных источников энергии на более экологичный источник; 2 - за счет минимизации выбросов вредных веществ в окружающую среду. Результаты данного исследования опубликованы в статье: Politaeva, N.A., Illin, I.V., Oparina, A.M., Donetskova, A.S. New energy approaches to the use of waste biosorbents of microalgae *Chlorella kessleri* // Povolzhskii Ekologicheskii Zhurnal, 2022, 2022(3), pp.

322–335, (WOS, Scopus), в которой показано:

1 – использование биомассы микроводоросли *C. kessleri* для очистки сточных вод промышленных предприятий является целесообразным, в виду высокого процента эффективности очистки по ионам меди – 87%.

2 – в результате термогравиметрического анализа установлено, что при разложении биомассы *C. kessleri* после очистки модельного раствора воды, в интервале температур 335 – 500 °С происходит сильный экзотермический эффект с максимум в 500 °С, что позволяет дать рекомендации для ее использования в качестве источника энергии. Термогравиметрический анализ также позволил сделать вывод о содержании извлеченной меди в биомассе *C. kessleri*.

3 – установлено, что удельная теплота сгорания остаточной биомассы *C. kessleri* составила 21 674 кДж/кг, что не уступает удельной теплоте сгорания классических видов топлива.

Для очистки почв была использована биомасса растений (фиторемедиантов), которые продемонстрировали высокую способность извлекать загрязняющие вещества. Результаты данного исследования опубликованы в статье Ilinskiy, A.; Vinogradov, D.; Politaeva, N.; Badenko, V.; Ilin, I. Features of the Phytoremediation by Agricultural Crops of Heavy Metal Contaminated Soils. *Agronomy* 2023, 13, 127. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010127> (WoS, Q1), в которой:

получены эмпирические зависимости содержания меди, цинка, свинца и кадмия в фитомассе исследуемых сельскохозяйственных культур от значения суммарного показателя загрязнения почвы;
созданы цифровые модели фитоэкстракции растениями ионов тяжелых металлов;
показана возможность снижения негативного воздействия от комплекса ионов тяжелых металлов на почвы умеренно опасного загрязнения фитомассой растений-фиторемедиантов.