

## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОТОПЛИВА III ПОКОЛЕНИЯ ИЗ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ (ЦИАНОБАКТЕРИЙ)

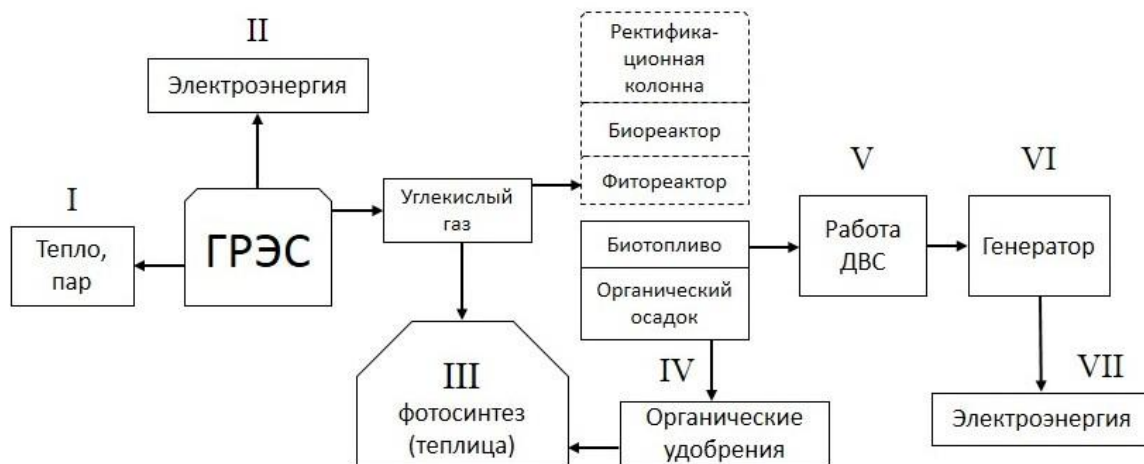
В.А. Милюткин<sup>1</sup>, д.т.н., профессор; И.В. Бородулин<sup>2</sup>, инженер-технолог;  
Е.А. Агарков<sup>2</sup>, инженер-технолог

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Самарская государственная сельскохозяйственная академия, г. Самара, Россия  
<sup>2</sup>ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия

В статье рассматривается проблема управления развитием сине-зеленых водорослей (цианобактерий) при их интенсивном размножении и опасном в экологическом плане «цветении» воды с помощью различных технологий по их сбору техническими средствами, сушке, заготовке и переработке в биотопливо III поколения.

Относительно сбора сине-зеленых водорослей нами проведена большая исследовательская научная работа и предложено более 10-и технических устройств разного конструктивного технико-технологического исполнения для разнообразных условий их развития и обитания [1-10,14-16]. При этом постоянно создаются, на уровне изобретений с патентованием, новые технические решения, позволяющие не только собирать сине-зеленые водоросли, но и их подсушивать для хранения с увеличением срока переработки [11].

Учитывая, что на берегах больших рек (в нашем случае – река Волга) располагаются тепловые электростанции ГРЭС, нами рассмотрен проект комплексного многопрофильного использования Самарской ГРЭС (рис. 1) по эффективной утилизации углекислого (угарного) газа от горения технологического топлива ГРЭС при обогащении концентрации и объема сине-зеленых водорослей [12, 13].



**Рис. 1.** Комплексное многопрофильное использование тепловой электростанции (ГРЭС) как по основному назначению (тепло, электроэнергия), так и для получения биотоплива 3-го поколения, стимуляции развития растений (теплицы – фотосинтез, органические удобрения)

При этом кроме основного назначения ГРЭС по выработке горячей воды, пара и электроэнергии, в проекте в основном рассматривается получение биотоплива III-го поколения с дальнейшим его использованием в двигателях внутреннего сгорания (ДВС), вырабатывающих через генератор электроэнергию. В связи с тем, что при работе ГРЭС на природном газе, выделяется в атмосферу большое количество углерода (С) в угарном и углекислом газе, предлагается в целях улучшения экологии воздуха использовать углекислый газ топочных газов в фитореакторах для стимулирования фотосинтеза и увеличения объемной массы сине-зеленых водорослей для их дальнейшей переработки в биореакторах и получением биотоплива 3-го поколения.

Нами разработана более детальная конструкция (рис. 2) биореактора I для производства биотоплива 3-го поколения из сине-зеленых водорослей для двигателей внутреннего сгора-

ния (II) ДВС с генераторами (III), производящими в итоге электроэнергию для народного хозяйства.

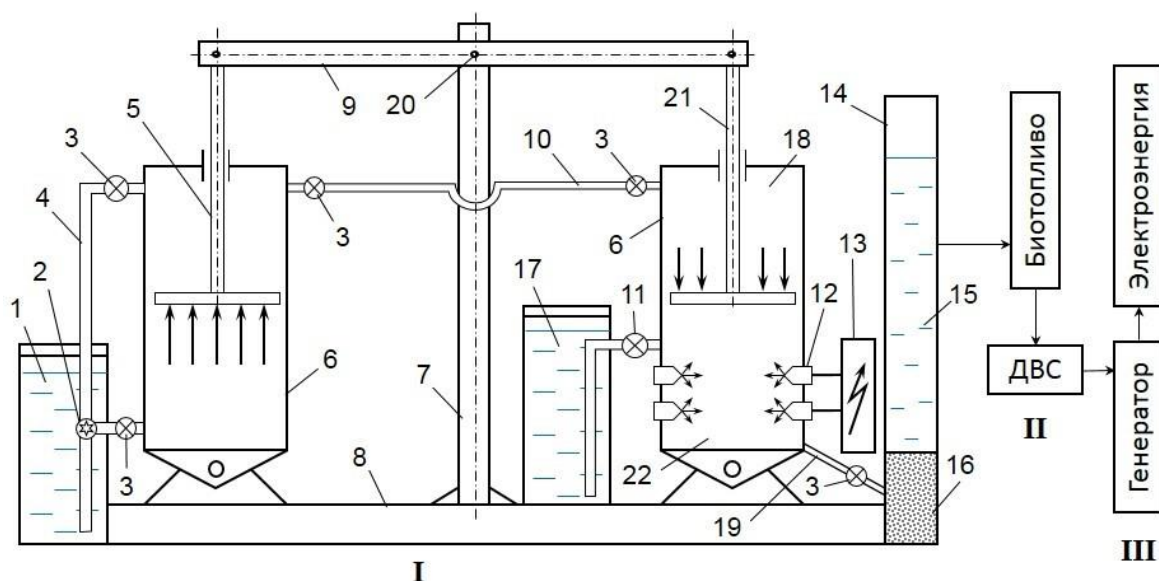


Рис. 2. Технологическая схема выработки электроэнергии генератором III от двигателя внутреннего сгорания II и установки I, вырабатывающей биотопливо III поколения

Поставленная задача решается устройством для переработки сине-зелёных водорослей в биотопливо III-го поколения, содержащим ёмкость с сине-зелёными водорослями, соединённую трубопроводом с биореактором, в котором имеются свечи с несгораемыми электродами для осуществления плазменной обработки концентрата водорослей, соединённым трубопроводом с ректификационной колонной, причём устройство содержит бак с гидравлическим маслом, соединённый трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, шток поршня гидроцилиндра шарнирно соединён с одним концом коромысла, закреплённого на стойке с возможностью поворота вокруг оси, второй конец коромысла шарнирно соединён со штоком поршня биореактора, соединённого трубопроводом высокого давления с гидроцилиндром, подпоршневое пространство биореактора содержит упомянутые свечи, для питания которых установлен блок конденсаторов, а коромысло выполнено с возможностью регулировки длины плеч.

Устройство для переработки сине-зелёных водорослей в биотопливо III-го поколения содержит ёмкость 17 с сине-зелёными водорослями, соединённую трубопроводом с насосом 11 высокого давления и с биореактором 22, в котором имеются свечи 12 с несгораемыми электродами для осуществления плазменной обработки концентрата водорослей.

Биореактор соединён трубопроводом с ректификационной колонной 14, причём устройство содержит бак 1 с гидравлическим маслом, соединённый трубопроводом 4 высокого давления с гидроцилиндром 6, шток 5 поршня гидроцилиндра шарнирно соединён с одним концом коромысла 9, закреплённого на стойке 7 с возможностью поворота вокруг оси, второй конец коромысла шарнирно соединён со штоком поршня биореактора, соединённого трубопроводом 10 высокого давления с гидроцилиндром, подпоршневое пространство биореактора содержит свечи 12, для питания которых установлен блок 13 конденсаторов, а коромысло 9 выполнено с возможностью регулировки длины плеч для получения заданного давления на массу сине-зелёных водорослей в подпоршневом пространстве биореактора.

Для создания давления масла на поршень гидроцилиндра 6 служит масляный насос 2 высокого давления. Для управления потоками служат краны 3. В ректификационной колонне происходит разделение фракций на отстоявшиеся примеси 16 и отстоявшееся масло - биотопливо III-го поколения 15. Стойка 7 закреплена на опорной площадке 8.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. После выращивания сине-зелёных водорослей с последующим получением биотоплива производят закачку массы водорослей в ёмкость 17. Гидравлическое масло из бака 1 насосом 2 высокого давления через краны 3 поступает в гидроцилиндр 6 и в надпоршневое пространство 18 биореактора 22.

Шток 5 гидроцилиндра 6 через коромысло 9 воздействует на шток биореактора, сжимая в подпоршневой полости биореактора 22, поступившее из ёмкости 17 с помощью насоса высокого давления 11 смесь сине-зелёных водорослей. Под двойным действием давления масла от нагнетательного насоса 2 и коромысла 9 смесь сине-зелёных водорослей сжимается в полости биореактора 22, дополнительное давление на смесь оказывает насос 11. Через доведённую до необходимого высокого давления (20-35 атмосфер) смесь сине-зелёных водорослей проходит искра от свечей 12, создающих высокую температуру (примерно 350 градусов). Под действием высокой температуры и давления из сине-зелёных водорослей выделяется так называемое «масло» – биотопливо III-го поколения. Переработанная смесь с выделенным биотопливом поступает в ректификационную колонну 14, где она разделяется на чистое масло и примеси – отстой. Биореактор представляет собой цилиндрическую ёмкость из нержавеющей стали с системами, обеспечивающими плазменную обработку концентрата водорослей путём работы в заданной последовательности несгораемых электродов, установленных внутри биореактора, где концентрат водорослей под повышенным давлением обрабатывается плазмой. Регулировка длины плеч коромысла (для получения дополнительного давления в биореакторе) может производиться, например, путём смещения положения оси на коромысле 9 в ту или другую сторону. При этом стойка 7 также будет смещена на опоре 8 и закреплена на ней заново.

Предлагаемая полезная модель позволяет повысить выход биотоплива 3-го поколения из смеси сине-зелёных водорослей до 50-60% от массы водорослей. Переработанные водоросли после выделения из них биотоплива 3-го поколения выгружаются из биореактора и используются как биоорганика для повышения плодородия почв в земледелии АПК.

#### **Выводы**

1. Несмотря на значительные запасы природного минерального топлива в России и его поставок во многие страны Мира, перед отечественной наукой и производством стоят актуальнейшие задачи в создании и использовании нетрадиционных, возобновляемых источников энергии для замены природного минерального топлива (бензин, дизельное топливо) на биогаз, биотопливо I, II и III поколений.

2. Из всех известных природных и создаваемых человеком органических источников для производства биотоплива на возобновляемой основе привлекает особое внимание сине-зелёные водоросли ( в нашем случае- цианобактерии) по своим неограниченным объемам в водоемах и водотоках, высоким относительным содержанием в них масличных составляющих для производства биотоплива III поколения, а также при их сборе из водной среды в определенной степени решается экологическая проблема от многих последствий при « цветении » воды.

3. Для трудоемкого и достаточно-сложного сбора сине-зелёных водорослей из водной среды предложены различные технологии и технические средства, позволяющие проведение как самого сбора сине-зелёных водорослей, так и их заготовки с предварительным обезвоживанием и подсушкой для увеличения срока переработки в период прекращения их вегетации.

4. Для получения из сине-зелёных водорослей биотоплива III поколения. наряду с известными конструкциями, предлагается конструкция биореактора, обеспечивающего высокие давление и температуру в смеси сине-зелёных водорослей для выделения из них биотоплива.

5. Для повышения эффективности процесса производства биотоплива III поколения с целью наращивания биомассы сине-зелёных водорослей и повышения их концентрации целесообразно использовать (при наличии и территориальной близости с водоемами) тепловые электростанции-ГРЭС, работающие на природном газе, с эффективной утилизацией продуктов сгорания, содержащих в большом количестве углерод по предложенным в статье технологиям и с помощью разработанных и запатентованных технических средств.

#### **Список литературы:**

1. Милюткин В.А. Технические средства для обеспечения безопасной экологической среды в водоемах [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, З.П. Антонова, Н.Ф. Стребков // «Прикладные науки и технологии в США и Европе, общие проблемы и научные открытия» 25.06.2014, США, Нью-Йорк. - с. 216-220.
2. Патент № 2548075 Российская Федерация, МПК C02P 3/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зелёных водорослей с помощью биопрепарата / Милюткин В.А.,

- Стребков Н.Ф., Котов Д.Н.; Заявл. 24.06.2013; опубл. 10.04. 2015, Бюл. № 10. -5 с.
3. Патент № 2551172 Российская Федерация, МПК C02P 3/00 Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В., Котов Д.Н.; Заявл. 28.01.2014; опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14. -5с.
  4. Патент № 2555896 Российская Федерация, МПК C 02 P 1/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.; Заявл.20.02.2014г., Опубл.10.07.2015 г., Бюл. № 19.5 с.
  5. Патент № 2582365. Российская Федерация, МПК E 02B15/10, Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.: Заявл.31.07.2014; опубл.20.20.2016, Бюл. № 5 с.
  6. Патент № 2596017. Российская Федерация, МПК E02B15/00, A01D 44/00. Агрегат для очистки водоемов от водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н., Бородулин И.В.; Заявл. 28.05.2015; опубл. 27.08.2016, Бюл. № 24. -5с.
  7. Милюткин В.А. Технологии и технические средства механического сбора сине-зеленых водорослей в водоеме [Текст] / В.А. Милюткин, Г.В. Кнурова, С.П. Симченкова, В.Н. Сысоев, И.В. Бородулин, З.П. Антонова // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции - 28-29 марта 2014 г. Санкт-Петербург, - 2014. - с. 79-82.
  8. Милюткин В.А. Техническое устройство и технология для биологической (химической, бактериологической) борьбы с сине-зелеными водорослями [текст] / В.А. Милюткин, С.П. Симченкова, Г.В. Кнурова и др. // Сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции - 28-29 марта 2014 г. Санкт-Петербург, - 2014. - с. 83-85.
  9. Милюткин В.А. Технологии и технические средства (на уровне изобретений - патентов) эффективного использование сине-зеленых водорослей (цианобактерий) [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин // American Journal of Science and Technologies / 2015. Т. 2 № 2(20), - с. 595-601.
  10. Милюткин В.А. Энергосберегающая технология сбора и утилизации синезеленых водорослей с открытых водных поверхностей мобильным, автономным комплексом [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин // Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение в сельскохозяйственном производстве» -25-26 ноября 2015 г. Ярославль. - 2016 - С. 32-37.
  11. Патент №2606811. Российская Федерация, МПК A01D 44/00. Сушилка для сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Бородулин И.В., Стребков Н.Ф., Антонова З.П.; Заявл. 13.08.2015; опубл. 10.01.2017. Бюл. № 1, - 5 с.
  12. Патент № 2599436. Российская Федерация, МПК C 12 M 1/04, A 01 C 7/02. Устройство для утилизации продуктов сгорания энергоустановок, использующих природный газ / Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Панкеев С.А.; Заявл. 04.08.2015, опубл. 10.10.2016. Бюл. - 5 с.
  13. Патент №2608495. Российская Федерация, МПК A 01Q 7/ 02, A 01Q 33/ 00, C 12N 1/ 12, C 12M 1/ 04. Способ утилизации продуктов сгорания установок, использующих природный газ /Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Панкеев С.А.; Заявл. 04.08.2015; опубл. 18.01.2017. Бюл. № 2,-5с.
  14. Бородулин И.В. Разработка технологий и технических средств для сбора и утилизации сине-зеленых водорослей[Текст] / В.В.Бородулин, В.А.Милюткин, Г.С.Розенберг// В сборнике: Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социоэколого-экономических систем. Материалы III Международной конференции, посвященной 85 летию Самарского экономического университета. 2016,- с. 125-132.
  15. Милюткин В.А. Технические решения направлений обеспечения экологической, промышленной и энергетической безопасности от сине – зеленых водорослей [Текст] / В.А.Милюткин, Г.С.Розенберг, И.В.Бородулин, Е.А.Агарков//Сборник статей: Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность. - Севастополь: СевГУ. 2017, - с. 887-891.
  16. Патент №2649186. Российская Федерация, МПК E 02 B 15/04, A 01 D 44/00. Устройство для защиты пляжных мест и водозаборов от сине-зеленых водорослей, мусора и мазутных пятен / Милюткин В.А., Бородулин И.В., Стребков Н.Ф., Розенберг Г.С., Агарков Е.А., Милюткин А.А.; Заявл. 21.07.2017; опубл.30.03.2018. Бюл. №10.

**THE SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGICAL COMPLEX AND DEVICES  
FOR PRODUCING BIOFUELS OF III GENERATION FROM BLUE-GREEN ALGAE  
(CYANOBACTERIA)**

**V.A. Milyutkin**<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor; **I.V. Borodulin**<sup>2</sup>, engineer-technologist;  
**E.A. Agarkov**<sup>2</sup>, engineer-technologist.

<sup>1</sup>*FGBOU VO Samara State Agricultural Academy, Samara, Russia*

<sup>2</sup>*LLC "ECOVOLGA", Samara, Russia*

**Abstract**

The article deals with the problem of managing the development of blue-green algae (cyanobacteria) during their intensive propagation and environmentally dangerous "flowering" of water with the help of various technologies for their collection by technical means, drying, harvesting and processing into third generation biofuel.