

**КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЛЕМЫ -
ИНТЕНСИВНОГО РАЗВИТИЯ СИНЕ-ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ**

**COMPREHENSIVE SOLUTIONS OF ENVIRONMENTAL PROBLEM -
INTENSIVE DEVELOPMENT OF BLUE-GREEN ALGAE**

© В.А. Милюткин¹, Г.С. Розенберг², И.В. Бородулин³, Е.А. Агарков³

1. ФГБОУ ВО Самарская государственная сельскохозяйственная академия, г. Самара, Россия;
2. Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия;
3. ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия.

© V.A. Milyutkin¹, G.S. Rosenberg², I.V. Borodulin³, E.A. Agarkov³

1. FGBOU VO Samara State Agricultural Academy, Samara, Russia;
2. Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia;
3. LLC "ECOVOLGA", Samara, Russia.

В работе представлены направления технико-технологического решения проблемы, создаваемой сине-зелеными водорослями, путем их комплексного эффективного использования специальной переработкой с получением биотоплива 3-го поколения, как возобновляемого вида энергии, и биоорганики из отхода переработки для земледелия в агропромышленном производстве.

Ключевые слова: водоем, водоросли, сбор, переработка, техника, технология, биотопливо, биоорганика.

The paper presents the directions of the technical and technological solution of the problem created by blue-green algae, through their integrated effective use of special processing with the production of biofuel of the third generation, as a renewable energy source, and bio-organics from the processing waste for agriculture in agro-industrial production.

Keywords: pond, algae, collection, processing, technology, technology, biofuel, bioorganic.

Сложность управления развитием сине-зеленых водорослей, вызывающих нежелательное «цветение» воды, а при их отмирании после вегетации – гниение в донных отложениях и поглощение кислорода, приводящего к «замору» рыб и ухудшению в целом потребительских качеств воды из открытых источников, вызывает в целом экологические нарушения в водной среде. Человечество с переменным успехом занимается решением данной проблемы многие годы, однако техногенное развитие общества снижает, а порой и полностью нивелирует достижения науки и практики в этой области.

В связи с тем, что полностью «победить» сине-зеленые водоросли невозможно и не нужно, так как они (водоросли) являются значительным источником образования кислорода на планете, желательно их эффективно использовать, локально снижая концентрацию до предельно-допустимых для человека концентраций.

Относительно сбора сине-зеленых водорослей нами проведена большая изыскательная научная работа и предложено более 10-и технических устройств разного конструктивного технико-технологического исполнения для разнообразных условий их развития и обитания [1-10,14-15]. 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).

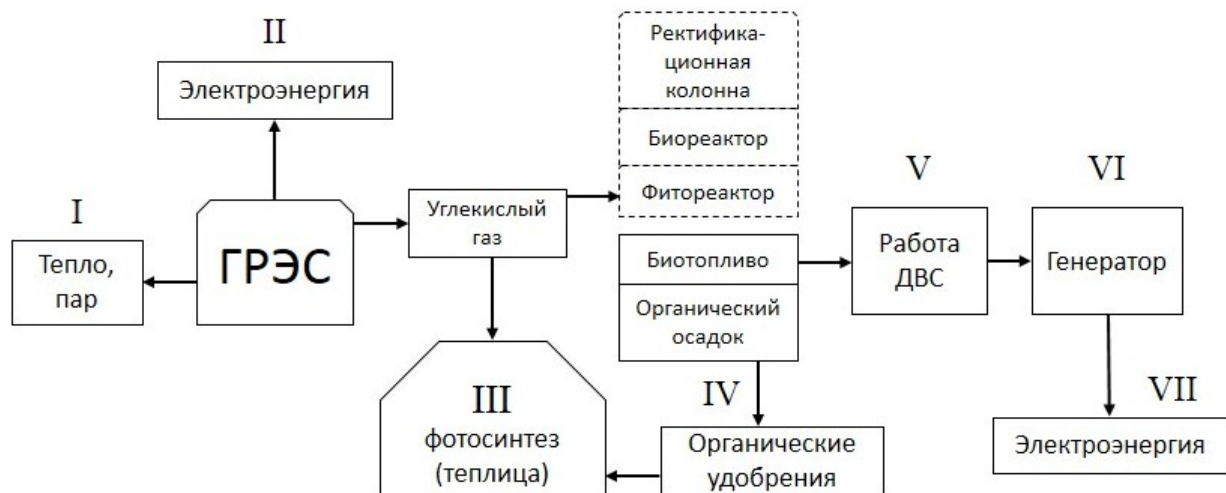


Рис. 1. Комплексное многопрофильное использование тепловой электростанции (ГРЭС) как по основному назначению (тепло, электроэнергия), так и для получения биотоплива 3-го поколения, стимуляции развития растений (теплицы – фотосинтез, органические удобрения)

Fig. 1. Integrated multi-profile use of a thermal power plant (GRES) for the main purpose (heat, electricity), and for the production of biofuel of the third generation, stimulation of plant development (greenhouses - photosynthesis, organic fertilizers)

При этом кроме основного назначения ГРЭС по выработке горячей воды, пара и электроэнергии, в проекте в основном рассматривается получение биотоплива 3-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.

Для переработки сине-зеленых водорослей предлагаются технология и устройство [12, 13] для утилизации продуктов сгорания энергоустановок (рис. 2), которое содержит вытяжной вентилятор 1, магистраль 2 подвода углекислого газа из дымовой трубы 3 ГРЭС 4 в фитореактор 17 и биореактор 8, соединённый с вытяжным вентилятором, фильтр-накопитель 5, соединённый подводящим трубопроводом 6 с фитореактором 17 и/или со шлюзовой ёмкостью водоёма, а подающим трубопроводом 7 соединён с биореактором 8, в котором имеется компрессор 9 для создания повышенного давления в реакторе и свечи с несгораемыми электродами 10, биореактор 8 соединён трубопроводом 11 с ректификационной колонной 12. Фитореактор 17 содержит источники света 13. Ректификационная колонна 12 имеет штуцеры 14 и 15 для отвода из колонны осадка и загрязнённых фракций и штуцер 16 для отвода этанола.

Нами разработана более детальная конструкция биореактора 8 (I) для производства биотоплива 3-го поколения из сине-зеленых водорослей для двигателей внутреннего сгорания (II) ДВС с генераторами (III), производящими в итоге электроэнергию для народного хозяйства (рис. 3).

Поставленная задача решается устройством для переработки сине-зелёных водорослей в биотопливо 3-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.

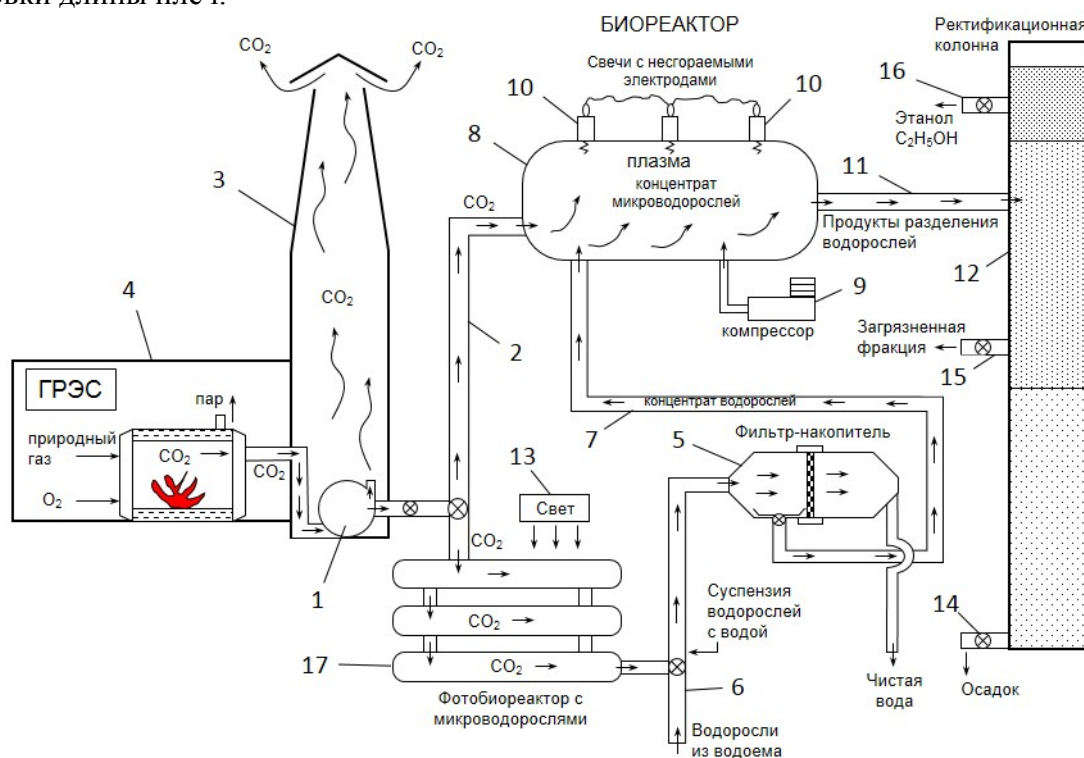


Рис. 2. Установка для производства биотоплива (этанол) из сине-зеленых водорослей с активизацией их роста углекислым газом из продуктов горения (природный газ) тепловой электростанции – ГРЭС
Fig. 2. Installation for the production of biofuel (ethanol) from blue-green algae with the activation of their growth by carbon dioxide from the combustion products (natural gas) of the thermal power plant - GRES

Устройство для переработки сине-зелёных водорослей в биотопливо 3-го поколения содержит ёмкость 17 с сине-зелёными водорослями, соединённую трубопроводом с насосом 11 высокого давления и с биореактором 6, 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 11 и отстоявшееся масло - биотопливо 3-го поколения. Стойка 7 закреплена на опорной площадке 8.

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

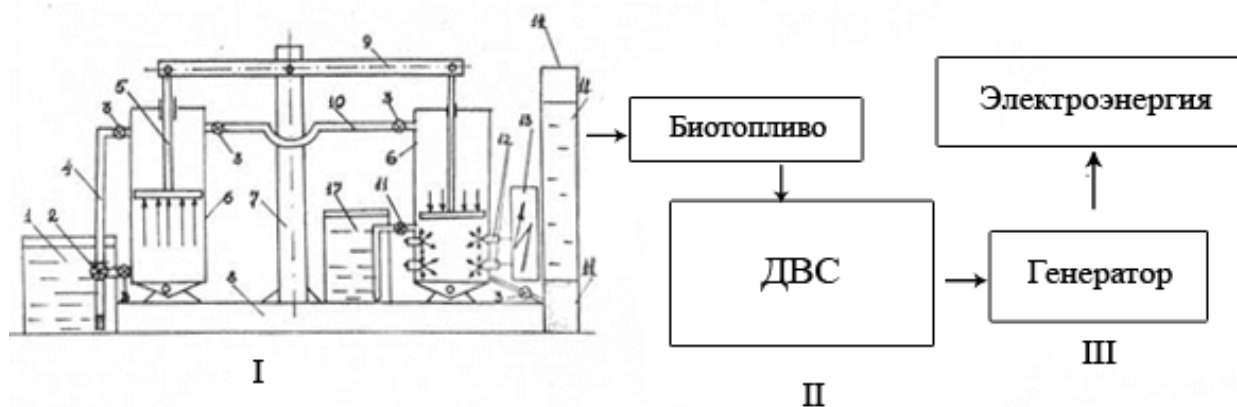


Рис. 3. Технологическая схема выработки электроэнергии генератором III от двигателя внутреннего сгорания II и установки I, вырабатывающей биотопливо III поколения

Fig. 3. The technological scheme of generation of electricity by the generator III from the internal combustion engine II and the plant I, which generates the third generation biofuel

Шток 5 гидроцилиндра 6 через коромысло 9 воздействует на шток биореактора, сжимая в подпоршневой полости биореактора поступившее из ёмкости 17 через насос высокого давления смесь сине-зелёных водорослей. Под двойным действием от нагнетательного насоса 2 масла и коромысла 9 смесь сине-зелёных водорослей сжимается в полости биореактора, дополнительное давление на смесь оказывает насос 3. Через доведённую до необходимого высокого давления (20-35 атмосфер) 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 3-го поколения. Переработанная смесь с выделенным биотопливом поступает в ректификационную колонну 14, где оно 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 заданного 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.

Статья подготовлена при частичной финансовой поддержке РФФИ (грант №17-44-630113p_a)

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-зеленых 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 очист-

ки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.; Заявл.20.02.2014г., Оpubл.10.07.2015 г., Бюл. № 19.5 с.

5. Патент № 2582365. Российская Федерация, МПК Е 02В15/10, 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 Е02В15/00, А01Д 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 использования 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 А01Д 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 С 12 М 1/04, А 01 С 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 А 01Q 7/ 02, А 01Q 33/ 00, С 12N 1/ 12, С 12М 1/ 04. Способ утилизации продуктов сгорания установок, использующих природный газ.: 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.