

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СБОРА И ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ – ЦИАНОБАКТЕРИЙ В БИОТОПЛИВО 3-ГО ПОКОЛЕНИЯ**

**Д-р техн. наук, проф. В.А. Милюткин, инж. И.В. Бородулин  
(ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия)**

*Предложены технологии сбора и эффективной утилизации – переработки цианобактерий – сине-зеленых водорослей в биотопливо 3-го поколения. Данные технологии решают две задачи: экологическую – очистку водоемов от сине-зеленых водорослей и энергетическую – получение из сине-зеленых водорослей биотопливо 3-го поколения. В качестве технических устройств для сбора водорослей предлагается несколько вариантов в том числе мобильный автономный комплекс для энергосберегающей технологии сбора и эффективной утилизации водорослей с открытых поверхностей водоемов.*

*Для производства биотоплива 3-го поколения (этанол) предложен способ и устройство для наращивания объема водорослей за счет углекислого газа, продуктов горения действующих ГРЭС, и переработке их в биореакторе с разделением полученного продукта на фракции в ректификационной колонне.*

**Ключевые слова:** водоросли, технология, сбор, переработка, биотопливо, комплекс.

Несмотря на значительные запасы углеводов в России, появилась информация, что разведанных источников при нынешней добыче хватит примерно на 30 лет. Наряду с необходимостью новых разведок целесообразным становятся для РФ более широкое использование альтернативных энергетических источников и разработка для этого новейших технологий.

Одним из значительных и восполняемых видов энергии является биотопливо, в последнее время исследования в РФ ведутся по получению биотоплива 3-го поколения, получаемого из растительной массы и, в первую очередь, из сине-зеленых водорослей – цианобактерий, при переработке которых по американским исследованиям можно получить до 1/3 нынешних используемых углеводородных источников.

В Российской Федерации имеются огромные резервы и наличие сине-зеленых водорослей в водных бассейнах рек, озер, прудов и т.д. Однако технологий по их использованию, начиная от сбора и переработке, явно недостаточно.

Самарская сельхозакадемия и ООО «ЭКОВОЛГА» (г.Самара) проводят самостоятельные исследования по созданию технологий и устройств сбора сине-зеленых водорослей, их сушки и переработки в биотопливо 3-го поколения.

Технические средства, для сбора водорослей разработанные в ООО «ЭКОВОЛГА» представляют собой устройства для глубинного – илового сбора, по-

верхностного сбора, объемного сбора с глубины 0...1,5м. Так же в ООО «ЭКО-ВОЛГА» разработаны конструкции сушилок для водорослей, способ и устройство для наращивания массы водорослей и переработки их в биотопливо 3-го поколения.

Нами предложен мобильный автономный комплекс для энергосберегающей технологии сбора и эффективной утилизации сине-зеленых водорослей с открытых поверхностей водоемов рек, озер [1-7].

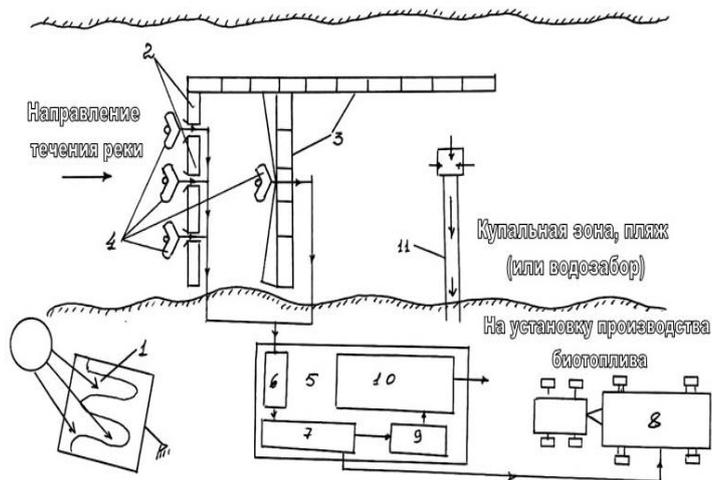
Комплекс (рис.1) состоит из энергетической части, представленной установкой в виде солнечной батареи 1 установки для сбора водорослей, состоящих из разряженных понтонов 2, в промежутках которых на специальных плавающих средствах закрепляются водо-водорослезборные устройства 4 (патентуются) и сплошные (без разрывов) ограничивающие понтоны 3, установки 5 для сбора, переработки и транспортировки водорослей в специальные средства 10 и 8, состоящей из водяного насоса 6, фильтра-сборника сине-зеленых водорослей 7, работающего по принципу обратного осмоса, сушилки сине-зеленых водорослей 9.

В зависимости от поставленной задачи, водоросли после фильтра – сборника 7 поступают или в цистерну 8 для сбора сине-зеленых водорослей с дальнейшим их внесением в почву в качестве органических удобрений, или для других целей, после высушивания на сушилке 9 – в накопительную емкость 10 для переработки, например в биотопливо 3-го поколения, которая осуществляется на другой разработанной нами установке [6].

В 2015 году ООО «ЭКОВОЛГА» разработала данный комплекс и разместила его на реке Волга в районе центра города Самары, рядом с Самарской ГРЭС с перспективой очистки от сине-зеленых водорослей зоны водозабора технической воды для ГРЭС.

Предложенный нами комплекс позволяет обеспечивать удаление водорослей с их утилизацией и дальнейшим эффективным использованием с минимальными и даже нулевыми энергетическими затратами за счет современных технологий и разработанных технических средств с энергопотреблением от солнечных батарей.

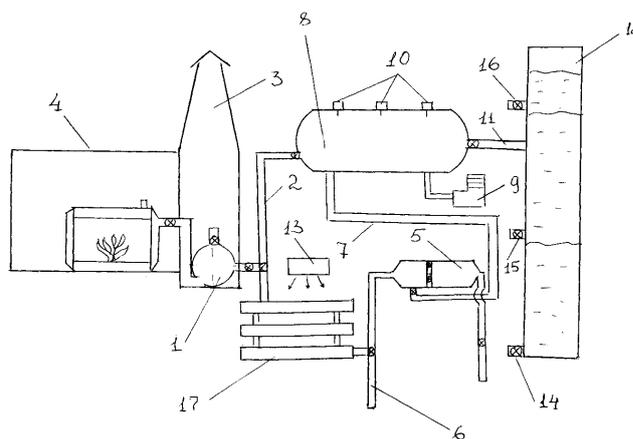
Для переработки сине-зеленых водорослей предлагается устройство [6] для утилизации продуктов сгорания энергоустановок (рис.2), которое содержит вытяжной вентилятор 1, магистраль 2 подвода углекислого газа из дымовой трубы 3 ГРЭС 4 в фиторектор 17 и биореактор 8, соединённую с вытяжным вентилятором, фильтр-накопитель 5, соединённый подводным трубопроводом 6 с фиторектором 17 и/или со шлюзовой ёмкостью водоёма, а подающим трубопроводом 7 соединённый с биореактором 8, в котором имеется компрессор 9 для создания повышенного давления в реакторе и свечи с несгораемыми электродами 10, биореактор 8, соединённый трубопроводом 11 с ректификационной колонной 12. Фиторектор 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.



**Рис. 1. Мобильный, автономный комплекс очистки открытых поверхностей водоемов от сине-зеленых водорослей**

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Для утилизации топочных газов и использования их для выращивания микроводорослей с последующим получением биотоплива из дымовой трубы 3 ГРЭС 4 производят откачку части топочных газов энергоустановки, направляют часть указанных газов с помощью вытяжного вентилятора 1, по магистрали 2 на производство биомассы микроводорослей (сине-зелёных, в том числе хлореллы) в ёмкостях необходимого объёма, в качестве которых могут использоваться, например, фитореакторы 17, центробежные растительни или шлюзовые ёмкости водоёмов вблизи энергоустановки, из фитореактора 17 по трубопроводу 6 прокачивают воду с микроводорослями из указанных ёмкостей через фильтр-накопитель 5 с обратным осмосом, где происходит разделение жидкости на чистую воду и концентрат микроводорослей, подают указанный концентрат по трубопроводу 7 в биореактор 8 и дополнительно обогащают концентрат диоксидом углерода из топочных газов по магистрали 2.

**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**



В биореакторе 8 проводят плазменную обработку концентрата водорослей, путём использования несгораемых электродов 10, под повышенным давлением, которое создаётся компрессором 9. Электроды 10 создают высокую температуру, при этом происходит разделение концентрата водорослей в результате плазменной обработки на составляющие с выделением биотоплива. Затем подают обработанный таким образом концентрат водорослей в ректификационную колонну 12, где выделяется свободный этанол, используемый далее как горючее

вещество для двигателей или горелок. Фитореактор 17 содержит источники света 13. Фитореактор может быть выполнен в виде расположенных в несколько ярусов плоских ёмкостей для размножения в них микроводорослей. Углекислый газ в эти ёмкости может подаваться, например, через распылители (на чертеже не показаны). Источники света располагаются над поверхностью воды на высоте 50-100 см. Фитореакторы 17 могут быть выполнены с возможностью подогрева и поддержания температуры воды через теплообменники ГРЭС в нужных пределах. Фильтр-накопитель 5 разделяет суспензию водорослей с водой на воду, которая может использоваться для технических нужд, и на концентрат водорослей, который подаётся в биореактор 8.

Углекислый газ, проходя через распылители в воду с водорослями, в 4...6 раз интенсифицирует накопление органической массы. Биореактор 8 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, обогащённый углеродом топочных газов в фитореакторе и насыщенный углеродом из топочных газов ГРЭС, под повышенным давлением обрабатывается плазмой.

Отходы процесса – сухая масса обработанных водорослей – может быть эффективно использоваться в качестве органических удобрений в агропромышленном производстве.

#### **Литература:**

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 C02F 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. – 5с.
3. Патент № 2551172 Российская Федерация, МПК C02F 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 F 1/00. Устройство для очистки водоемов от сине-зеленых водорослей / Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Бородулин И.В.; Заявл. 20.02.2014г., Опубл. 10.07.2015г., Бюл. №19. – 5с.
5. 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 2014г. Санкт-Петербург. – 2014. – с. 79-82.
6. 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.
7. Милюткин В.А. Энергосберегающая технология сбора и утилизации сине-зеленых водорослей с открытых водных поверхностей мобильным, автономным комплексом [Текст] / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин // Международная научно-практическая конференция «Энергосбережение в сельском хозяйстве» – 25–26 ноября 2015г. Ярославль. – 2015 – С. 45-52.