

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды имени  
Б.В. Всесвятского**

**Секция: Юные исследователи**

**ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНЕ-ЗЕЛЁНЫХ ВОДОРОСЛЕЙ  
ЧЕЛОВЕКОМ**

**Сведения об авторе:**

Катяков Павел Константинович, МБОУ «СОШ № 47» г.  
Чебоксары,  
5 класс

**Научный руководитель:**

Котлова Вероника Юрьевна, учитель биологии  
МБОУ «СОШ № 47»  
г. Чебоксары

г. Чебоксары, 2024г.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ .....	3
2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ .....	4
2.1 Получение биогаза из сине-зеленых водорослей .....	5
2.2 Использование сине-зеленых водорослей в качестве удобрений.....	7
2.3 Использование сине-зеленых водорослей в качестве топлива.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	10
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	11
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	12

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Волга - одна из самых великих рек Российской Федерации. На её берегах расположено более 60 городов, в которых проживает более 60 млн человек – это более трети населения страны.

Наш любимый город Чебоксары также располагается на берегу реки Волги. Волга- место притяжения многих горожан, место туристического отдыха. К сожалению, каждое лето жители нашего города наблюдают печальную картину, вода в Волге кардинально меняет свой цвет: от тёмно-синего до изумрудно-зеленого. Вода покрывается сине-зелёными водорослями. И эти водоросли не так безобидны: они вызывают гибель рыб и птиц, воздействуют на самочувствие человека (могут вызвать аллергические реакции, раздражаются слизистые носа, глаз). Все понимают, что необходимо искать различные методы очищения водной поверхности: механические, химические, биологические [3]. Химические и биологические способы требуют огромных затрат. Механический способ – более бюджетный и окупаемый, но в результате его применения, останутся сотни тонн фитомассы сине-зеленых водорослей, для которых необходимо подготовить огромные полигоны и способы утилизации. Мы решили найти способы переработки сине-зеленых водорослей. Так появилась тема нашего исследования «Эффективное использование сине-зеленых водорослей человеком».

**Актуальность исследования:** Волга - самая крупная река Европы, она занимает особое место в жизни города Чебоксары. Но человеческая деятельность ухудшает качество вод. Россиянам надо задуматься об ее очищении и сохранении ее могущества для потомков.

**Целью исследования** является изучение эффективных технологий использования сине-зеленых водорослей.

### **Задачи:**

1. изучить и проанализировать научную информацию по теме;
2. провести исследования, которые покажут возможность эффективного использования фитомассы сине-зеленых водорослей: получить биогаз, использовать сине-зеленые водоросли в качестве биологического сырья для получения органического удобрения, использовать сине-зеленые водоросли в качестве топлива.

**Объектом исследования** является биомасса сине-зеленых водорослей (Cyanophyta) (научное название – цианобактерии Oxyphotobacteriobionta), собранная в период цветения акватории Чебоксарского водохранилища.

**Предмет исследования:** способы использования биомассы сине-зеленых водорослей.

**Практическая значимость:** результат исследования может быть использован для оздоровления реки Волги: интенсивное использование водорослей устранил в ряде случаев вред, наносимый ими окружающей среде.

**Новизна:** в литературе не описывается конкретная дозировка использования сине-зеленых водорослей для получения биогаза и использования в качестве удобрений.

**Гипотеза исследования:** предполагается, что эффективное использование фитомассы сине-зеленых водорослей возможно.

**Методы исследования:** изучение научных исследований и публикаций, проведение практических опытов по изучению технологий использования сине-зелёных водорослей.

## 2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Сине-зеленые водоросли (цианобактерии) – это крупные бактерии, которые могут располагаться по одной, группами либо в виде нитей. Их особенность – способность осуществлять настоящий фотосинтез (на свету выделять кислород в водную среду). Сами водоросли можно распознать по таким признакам: до начала активного размножения они имеют вид маленьких пятнышек на воде желтого или зеленого цвета. Чем выше концентрация цианобактерий, тем мутнее и гуще вода. Цвет ее может быть желтым, коричневым или зеленым. Часто на поверхности имеется пленка ядовитого салатного цвета, отличающаяся тошнотворным запахом, которая препятствует проникновению солнечного света в глубинные слои водоема, угнетая другие водные растения. Также водоросли употребляют большое количество кислорода, необходимый рыбам и растениям. После начала разложения водорослей вода тускнеет и становится серо-коричневой. Отмершие водоросли попадают на дно, увеличивают содержание фосфора, азота и создают идеальную среду для собственного самовоспроизведения.

Основными фактами разрастания сине-зеленых водорослей является: отсутствие течения, большое количество солнечных дней для фотосинтеза, хорошая прогреваемость воды (когда температура воды прогревается до  $+18^{\circ}\text{C}$ ), содержание большого количества фосфатов (значительно больше 1 мл/л), азота, изменение щелочного значения рН. Источником питательных веществ для цианобактерий являются неочищенные или плохо очищенные канализационные сточные воды. Так, фосфор в огромных количествах содержится в моющих средствах, а азот попадает вместе с продуктами жизнедеятельности людей, пищевым мусором, навозом, отходами производств, удобрениями, которые используются на посевных полях.

Опасность их активного появления - в том, что они выделяют до 300 видов органических веществ, большая часть из которых ядовита [1]. Они буквально отравляют воду, делая ее непригодной ни для чего – ни для питья, ни для купания. Приводят к затруднениям в техническом и питьевом водоснабжении, создают помехи нормальной работе гидротехнических сооружений.

Одна исходная клетка за вегетационный период (70 дней) способна произвести в воде  $10^{20}$  дочерних клеток. Это приводит к их удивительному массовому разложению.

Мы подсчитали примерный вес фитомассы в Чебоксарском водохранилище. По официальным данным объём воды в Чебоксарском водохранилище составляет 13,85 км<sup>3</sup>. Численность водорослей составляет 70 млн клеток или 10г на 1 м<sup>3</sup> воды. Масса водорослей таким образом составляет 130 850 тонн. Это огромная цифра для участка длиной 252км.

Мы решили показать какие способы переработки сине-зеленых водорослей возможны. Интенсивная утилизация фитомассы сине-зеленых водорослей устранил вред, наносимый ими окружающей среде, и приведет к частичному оздоровлению Волги.

## **2.1 Получение биогаза из сине-зеленых водорослей**

### Опыт №1

Цель: получить горючий биогаз на основе сине-зеленых водорослей.

Из изученных публикаций [4], [5], мы узнали, что биогаз - это смесь газов, преимущественно метана и углекислого газа, которая образуется в результате биологического разложения органических отходов. Процесс производства биогаза осуществляется в специальных емкостях, называемых биореакторами. В биореакторах, органические отходы подвергаются длительному процессу бактериального разложения в условиях отсутствия кислорода. В процессе этого разложения выделяется газ, который затем можно использовать в качестве источника энергии. Биогаз является возобновляемым источником энергии, потому что процесс его производства использует отходы, которые находятся в избытке, и не ведет к выбросу парниковых газов в окружающую среду [4]. Энергия, заключенная в 1м<sup>3</sup> биогаза, эквивалентна энергии 0,6 м<sup>3</sup> природного газа, 0,7л нефти или 0,6л дизельного топлива, 3,5 кг дров, 1-2 кг угля или 9-10 кВт/ч электроэнергии [5].

Для опыта применялись следующие реактивы и оборудование:

- реактивы: фитомасса сине-зеленых водорослей, речная вода, куриный помет, калийное удобрение;
- оборудование: 19 л полиэтиленовая емкость, 5л полиэтиленовая емкость, полиэтиленовый шланг, 2 крана, манометр.

### Проведение опыта:

13 июля 2024 года в период массового цветения акватории Чебоксарского водохранилища (56.1478 с.ш. 47.30361 в.д, территория Казанской набережной) нами было собрано 26 литров биомассы сине-зеленых водорослей и 7 л речной воды. Для проведения данного опыта использовалось 10 л водорослей и 6 л речной воды. А также 200г куриного помета, 50г калийного удобрения, 1 нектарин.

В качестве биогазовой установки нами была использована полиэтиленовая герметичная емкость объемом 19 литров. Для сбора газа была использована полиэтиленовая емкость объемом 5л. Из полиэтиленового шланга и двух кранов была собрана конструкция для выведения газа.

14 июля 2024 года заполненную емкость и конструкцию для выведения газа поставили в теплое место. К месту выведения газа плотно прикрепили воздушный шар, чтобы в дальнейшем удостовериться в появлении биогаза.

16 июля 2024 года мы начали замечать неприятных запах в помещении, где была установлена биогазовая установка. Воздушный шар наполнился газом – мы поняли, что процесс разложения сине-зеленых водорослей начался. Водоросли поднялись в верхнюю часть сосуда. В нижней части сосуда наблюдалась синяя жидкость. Также выявили необходимость герметизации конструкции биогазовой установки.

18 июля 2024 года конструкцию биогазовой установки дополнили манометром, чтобы следить за давлением в емкости и провели дополнительную герметизацию конструкции двумя слоями изоленты.

25 июля 2024 года показатель манометра составлял 0,42 bar. В 5-ти литровой емкости явно ощущалась газовая смесь –емкость не сжималась при нажатии.

В ходе исследования содержание емкости перемешивалось несколько раз, для того чтобы итоговый выход газовой смеси был больше, а краны открывались, чтобы выпустить некоторое количество газовой смеси.

14 сентября 2024 года, через 63 дня после начала проведения эксперимента, к биогазовой установке подключили небольшую газовую горелку. Мы открыли кран и подожгли выделяющуюся газовую смесь – она стал гореть. Пламя горело синим цветом, что показывает, что горит метан.

Предполагаемый объем полученного нами биогаза составляет 12л (0,012м<sup>3</sup>). Если подвергнуть всю биомассу сине-зеленых водорослей Чебоксарского водохранилища ферментации, то можно получить до 160 тыс. м<sup>3</sup> биогаза, что эквивалентно 110 тыс. л нефти или 96 тыс. л. дизельного топлива. При использовании промышленного оборудования можно получить цифры больших значений.

1 тонна сырой нефти стоит примерно 23 тыс. руб., т.е. за вегетационный период можно получить 2,5 млрд. руб.

Вывод: Получение биогаза на основе сине-зеленых водорослей возможно. Полученная газовая смесь горюча. Газ можно использовать так же, как и природный. Он может поступать к бытовым приборам. Разложившаяся биомасса превращается в удобрение, которое можно использовать на полях и огородах.

Предполагаемая стоимость от продажи полученного биогаза окупит стоимость издержек и принесет прибыль.

Простота устройства биогазовой установки дает возможность использования технологии в небольших частных хозяйствах.

Фотоотчет представлен в приложении №4.

**Преимущества и недостатки получения биогаза из сине-зеленых водорослей**

«Плюсы»	«Минусы»
Используется большое количество сине-зеленых водорослей	Большой срок разложения
Экологически чистое биотопливо - технология получения биогаза не оказывает особого влияния на окружающую среду	Неприятный специфический запах
Полученная газовая смесь горюча, можно использовать как и природный газ	Опасность взрыва
Разложившаяся биомасса – хорошее удобрение	Необходим постоянный контроль герметичности биогазового оборудования
Стабильная работа – производство не зависит от природных факторов (солнца, ветра), зависимость только от работы человека	

**2.2 Использование сине-зеленых водорослей в качестве удобрений**Опыт №2

Цель: получить лучший урожай при использовании сине-зеленых водорослей в качестве удобрений.

Из интернет-источника [6], мы узнали, что в биохимический состав сине-зеленых водорослей входят: азот, кальций, фосфор, калий, натрий, магний. Эти вещества часто содержатся в органических удобрениях. Процентное содержание природных органических веществ, азота, фосфора, калия в сине-зеленых водорослях не меньше, чем в навозе. Из этого мы сделали, вывод, что использование сине-зеленых водорослей в качестве удобрений возможно.

Сухая фитомасса сине-зеленых водорослей была получена нами путем сушки водорослей в темном, проветриваемом помещении в течении 14 суток. Из 7 л свежих водорослей было получено 350 грамм сухой массы.

Для опыта применялись следующие реактивы и оборудование:

- реактивы: бедная почва, зерна пшеницы, сухая фитомасса сине-зеленых водорослей, удобрение для роста «Seda»;
- оборудование: весы портативные с высоким классом точности, горшки для рассады по 750мл.

В пронумерованные горшки с бедной почвой посеяли зерна пшеницы на глубине 1-1,5см. Создали разные первоначальные условия:

1 образец – бедная почва + зерна пшеницы;

2 образец – бедная почва + зерна пшеницы + сухая молотая фитомасса сине-зеленых водорослей 1,8 грамма;

3 образец - бедная почва + зерна пшеницы + водный раствор с сине-зелеными водорослями (на 1,5 литра воды 1,5 грамма сухой молотой фитомассы сине-зеленых водорослей);

4 образец - бедная почва+ зерна пшеницы + удобрения, содержащие азот, фосфат, калий (3 грамма).

Последующие условия прорастания семян одинаковые. Наблюдение за образцами проводилось ежедневно. Полив образцов №1,2,4 проводился каждые 2 дня водопроводной водой, образца №3 - водным раствором с сине-зелеными водорослями.

Таблица 2

**Дневник наблюдения за ростом пшеницы (эксперимент №1)**

Дата	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
08 августа		подготовка почвы (смешивание почвы с молотой фитомассой сине-зеленых водорослей, удобрение должно сначала отлежаться, перепреть)		
13 августа	посев семян, полив водопроводной водой	посев семян, добавление фитомассы, полив водопроводной водой	посев семян, полив подготовленным раствором	посев семян, полив водопроводной водой
16 августа		всход семян	всход семян	всход семян
18 августа	всход семян			
21 августа	3см	15см	14см	16см
23 августа	8см	18см	19см	21см
28 августа	15см	27см	26см	25см

Для подтверждения экспериментальных данных, опыт повторили. Условия прорастания семян были теми же.

Таблица 3

**Дневник наблюдения за ростом пшеницы (эксперимент №2)**

Дата	1 образец	2 образец	3 образец	4 образец
7 сентября		подготовка почвы (смешивание почвы с молотой фитомассой сине-зеленых водорослей)		
14 сентября	посев семян, полив водопроводной водой			
19 сентября		всход семян	всход семян	
20 сентября	всход семян			всход семян
22 сентября	3см	12см	11см	9см
25 сентября	9см	19см	17см	16см
28 сентября	14см	26см	28см	25см

Фотоотчет представлен в приложении №5.

Вывод: Сухая фитомасса сине-зеленых водорослей может быть использована в качестве органических удобрений.

Таблица 4

**Преимущества и недостатки удобрений из сине-зеленых водорослей**

«Плюсы»	«Минусы»
Многообразие элементов: азот, фосфор, калий	Опасность передозировки
Нет семян сорных растений, грибных спор, яиц гелиметинов	Неприятный специфический запах
При попадании в почву быстро становятся доступными для растений	
Доступность	
Естественное происхождение	

### 2.3 Использование сине-зеленых водорослей в качестве топлива

Мы решили узнать, можно ли использовать сине-зеленые водоросли в качестве топлива. Для этого взяли 250 г хорошо просушенных водорослей, уложили в металлическую чашу и подожгли. Общее время сгорания (до исчезновения языков пламени) составило 13 минут.

Таблица 5

#### Преимущества и недостатки использования сине-зеленых водорослей в качестве топлива

«Плюсы»	«Минусы»
Мгновенно разгорается, быстро отдают тепло	Неприятный специфический запах
Использование результата горения – золы, в качестве удобрения	Необходима продолжительная сушка на открытом воздухе
Можно заготовить самостоятельно	Боятся влаги
Требуют мало места	
Продолжительное время горения	

Для массового использования фитомассу водорослей можно прессовать и формировать в виде брикетов.

Фотоотчет представлен в приложении №6.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, мы добились той **цели**, которую ставили перед собой в начале исследования – мы нашли способы использования сине-зелёных водорослей.

Таким образом, мы полностью подтвердили выдвинутую нами в начале исследования **гипотезу** о том, что эффективное использование фитомассы сине-зеленых водорослей возможно.

На основании практической части мы сделали **вывод**, что сине-зеленые водоросли возможно использовать для получения биогаза, в качестве удобрений и топлива.

Результаты данного исследования могут быть использованы для улучшения экологического состояния реки Волги и обеспечения её нормального функционирования, для улучшения условий проживания местного населения, для получения финансового эффекта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цианобактерии и их метаболиты/ Поляк М.С., Сухаревич В.И. - Санкт-Петербург: Издательство «Нестор-История», 2012.-328с.: ил.
2. [stimul.online](http://stimul.online) – журнал об инновациях в России. Очистим Волгу от сине-зелёных.
3. [www.school-science.ru](http://www.school-science.ru). Катяков П.К. Очищение реки Волги от сине-зеленых водорослей.
4. [www.renwex.ru](http://www.renwex.ru) –интернет-портал. Биогаз: преимущества, технологии производства, использование, сравнение, вызовы и проблемы.
5. В.М. Шмандий, В.В. Никифоров, В.П. Алферов, Е.В. Харламова, В.А. Пронин. Использование сине-зеленых водорослей для получения биогаза //Научно-практический журнал "Гигиена и санитария". 2010г. Выпуск 6, стр.35-37.
6. [www.agrobook.ru](http://www.agrobook.ru) – интернет-портал. Добыча и переработка сине-зеленых водорослей в корма и удобрения

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1. Наблюдение за развитием сине-зелёных водорослей



### Приложение 2. Сбор сине-зелёных водорослей



### Приложение 3. Сушка сине-зелёных водорослей



### Приложение 4. Получение биогаза







Приложение 5. Испытание по выращиванию семян пшеницы с использованием сине-зеленых водорослей







Приложение 6. Испытание сине-зеленых водорослей в качестве топлива

