

АУ ДО РА «РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ»

ДЕТСКИЙ ТЕХНОПАРК КВАНТОРИУМ 04

Республика Алтай

Микробно-топливный элемент на основе анаэробных бактерий

Выполнил:

Митрофанов          Вадим          Михайлович  
обучающийся          т.о          «7СОТ:  
Биопроектирование»

Руководитель: Малкова А.Н, к.б.н, педагог  
дополнительного          образования  
АУ ДО РА «Республиканский центр  
дополнительного образования»

Г. Горно-Алтайск, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ:

Введение	3
Глава 1 Микробно-топливный элемент (МТЭ) – как его устройство	4
Глава 2 Методика исследования	5
Глава 3 Результаты исследования жизнедеятельности энергоёмких бактерий	6
Выводы	10
Литература	11
Приложение	12

## ВВЕДЕНИЕ

Первый источник постоянного тока-гальванический элемент изобретён в 1800 г учёным А. Вольтом на основе работы И. Гальвани о мышечном электричестве. В настоящее время интерес к биоэлектричеству активно растёт. И сейчас интерес представляет получение электричества во время жизнедеятельности бактерий.

Сейчас создано Международное сообщество микробных электрохимических технологий - ISMET (International Society for Microbial Electrochemical Technologies). Это своеобразный «банк» наиболее энергоёмких бактерий.

В рамках Российского проекта «Гражданская наука» мы вошли в состав Общероссийского проекта Интернет бактерии и свое исследование реализуем согласно данному взаимодействию. Организаторами Проекта Интернет бактерии являются Университет ИТМО и Кубанский государственный университет.

Цель: поиск наиболее энергоэффективных бактерий в условиях низкогорья Горного Алтая.

Задачи

- 1) Обоснование поиска анаэробных бактерий в условиях низкогорья и оформление заявки на участие в сетевом проекте «Интернет бактерии».
- 2) Сборка МТЭ и подключение к Wi-Fi для считывания энергоактивности бактерий.
- 3) Проведение исследований по изучению жизнедеятельности анаэробных бактерий.
- 4) Оформление выводов по работе.

В работе участвовали ребята т.о. 7СОТ: Биопроектирование, которых мы искренне благодарим за работу. Но так как в настоящее время они не участвуют в деятельности творческого объединения, настоящую исследовательскую работу я представляю самостоятельно.

## ГЛАВА 1 МИКРОБНО-ТОПЛИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ (МТЭ) – КАКОГО ЕГО УСТРОЙСТВО

Микробные топливные элементы (МТЭ) представляют собой биоэлектрохимическую систему, работа которой основана на способности бактерий к разложению таких веществ, как глюкоза, ацетат, бутират или сточные воды.

Впервые была показана возможность использования активности микроорганизмов для генерирования электрического потенциала в 1911 г. Какое-то время интерес к исследованиям пропал. Начиная с 2002 года число публикаций в этой области возросло очень стремительно. В настоящий момент в мире уже работает 100 научных коллективов по разработке МТЭ.

Суть работы МТЭ заключается в двух сосудах, один из них называется анодная камера, другой катодная камера. В анодной находятся микробы в их естественной среде: раствор почвы, биогумус и др. Работает система путём «отрыва» электронов водорода от субстрата питания микроорганизмов и передача их на катод. Электроны водорода, под действием разности окислительно-восстановительных потенциалов, начинают двигаться к катоду, на котором происходит восстановление кислорода с образованием воды [1, 2, 3].

## ГЛАВА 2 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Чтобы начать работу мы собрали почву в эколого-биологическом отделе Республиканского центра дополнительного образования.

Нами были отобраны три пробы весом от 1,8 до 2,40 кг. На карте показаны места сбора и фото участков, приложение.

Мы определяли следующие морфологические характеристики почв:

- 1) Влажность: существуют сухая, свежая (влажноватая), влажная, сырая, мокрая виды почв.
- 2) Окраска (по треугольнику Захарова) существуют чёрная (результат содержания различных веществ в почве и прежде всего гумуса), белая (в почве преимущественно кварц, гипс, известь) красная (обусловлена накоплением в почве оксидов железа) жёлтую (обусловлена накоплением гидроксидов железа) бурую (имеют почвы с высоким содержанием иллита, слюдистых минералов)
- 3) Гранулометрический состав: проверяется механический состав, скатывание шнура на 3мм, морфология образца.
- 4) Сложение; внешнее выражение плотности и пористости почвы – рассматривали с помощью лупы.
- 5) Живая фаза почвы – корневые системы в почвах: определяем растительные остатки, которые следует различать по степени разложенности (слаборазложенные, среднеразложенные, сильноразложенные)

После это была начата сборка МТЭ, фото в приложении.

Изготовление герметичных электродов: герметичные электроды состоят из устройства, отправлявшего данные в интернет, из графитовых стержней и колпачков для герметизации они заливаются смоловым клеем. После чего мы оставили всё это застывать на целые сутки.

Наша рабочая команда полностью собрала микробно-топливный элемент, мы согласно методики разбавили почву водой и заполнили ей ёмкости.

Дальше скачали на компьютер приложение Arduino и программный скетч. Подключили наши МТЭ к общей сети проекта «Интернет бактерии».

Кодировка МТЭ в общей системе Общероссийского проекта «Интернет бактерии»:

7KRAT - Учебно-опытный участок - РА\_МТЭ\_2

S6F20 - Регулярно затапливаемый участок - РА\_МТЭ\_1

T7X1T - Плодовый сад - РА\_МТЭ\_3.

Биохимические исследования жизнедеятельности микробов мы проводили согласно методики, предложенной также организаторами Общероссийского проекта Интернет бактерии (приложение).

## ГЛАВА 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭНЕРГОЁМККИХ БАКТЕРИЙ

### 3.1. Характеристика проб для установки МТЭ.

РА_МТЭ_1	РА_МТЭ_2	РА_МТЭ_3
51.96183 005.9549 9 Высота:32	51.962510 085.9551 4 Высота: 329	51.96183 085.9549 5 Высота:321
Вес: 2,20	Вес: 1,510	Вес: 1,920
Регулярно затапливаемый участок	Учебно-опытный участок эколого-биологического отдела РЦДО	Плодовый сад РЦДО

### 3.2. Определение редуктазных активностей почвенных организмов.

Данная методика позволяет оценить присутствие бактерий и их активность в почвенных растворах микробно-топливных элементов. Приготавливается вытяжка из растворов МТЭ. Для этого его нужно профильтровать. В вытяжку вносят необходимое количество Метилена синего и смотрят реакцию. При переходе раствора из синего цвета в бесцветный мы можем сказать об активности наших бактерий.

Таблица 1

Редуктазная активность почвенных организмов в наших пробах

Номер МТЭ	Время ( ) в минутах/часах						
	5	15	30	45	60	8 часов	24 часа
МТЭ-1 с электродами	-	+	+	+	+	+	+
МТЭ-1 без электродов	-	+	+	+	+	+	+
МТЭ-2 с электродами	-	-	-	-	-	+	+
МТЭ-2 без электродов	-	-	-	-	-	+	+
МТЭ-3 с электродами	-	-	-	+	+	+	+
МТЭ-3 без	-	-	-	+	+	+	+

электродов							
------------	--	--	--	--	--	--	--

### 3.3. Измерение рН среды почвенных проб.

Оценка проб на кислотность - показатель рН. Показатель рН плодового сада понижается в кислую сторону и скорее всего зависит от того, что уже зафиксирован опад груш и яблонь. И началось брожение плодов. В двух других участках показатель рН равен нейтральному (таблица 2).

Таблица 2

Оценка рН среды проб почв ключевых участков исследования

Проба	РА_МТЭ_1	РА_МТЭ_2	РА_МТЭ_3
рН	7	7	5

### 3.4. Изучение целлюлозной активности бактерий

К почвенным растворам вертикально в МТЭ размещают хлопчатобумажную ткань размером 5x20 см. Через 2,5 месяца кусочки ткани полностью растворились. Целулозоактивные бактерии их полностью разъели.

### 3.5. Фитотест на биологическую активность проб.

Для фитотеста берем семена исследуемых тест-растений и отсчитываем например по 50 шт на каждый образец исследуемого почвенного раствора (водного фильтрата). Допускается выборка в 30 шт, но точность замера будет несколько ниже (соответственно 2% и 3,3 % на одно семя). Ёмкости для фитотеста - чашки Петри. На дно размещаем бумажный фильтр. Вносим такой объём исследуемой жидкости, чтобы полностью пропитать бумажный слой, вплоть до появления плёночной влаги поверх его, выложить семена. Закрывать крышкой, оставить в тени (во избежание перегрева и испарения) на 3-5 дней с ежедневным учётом роста. Данные по всхожести заносим в таблицу. В качестве контроля используем емкость с водопроводной водой.

Таблица 3

Результаты фитотеста

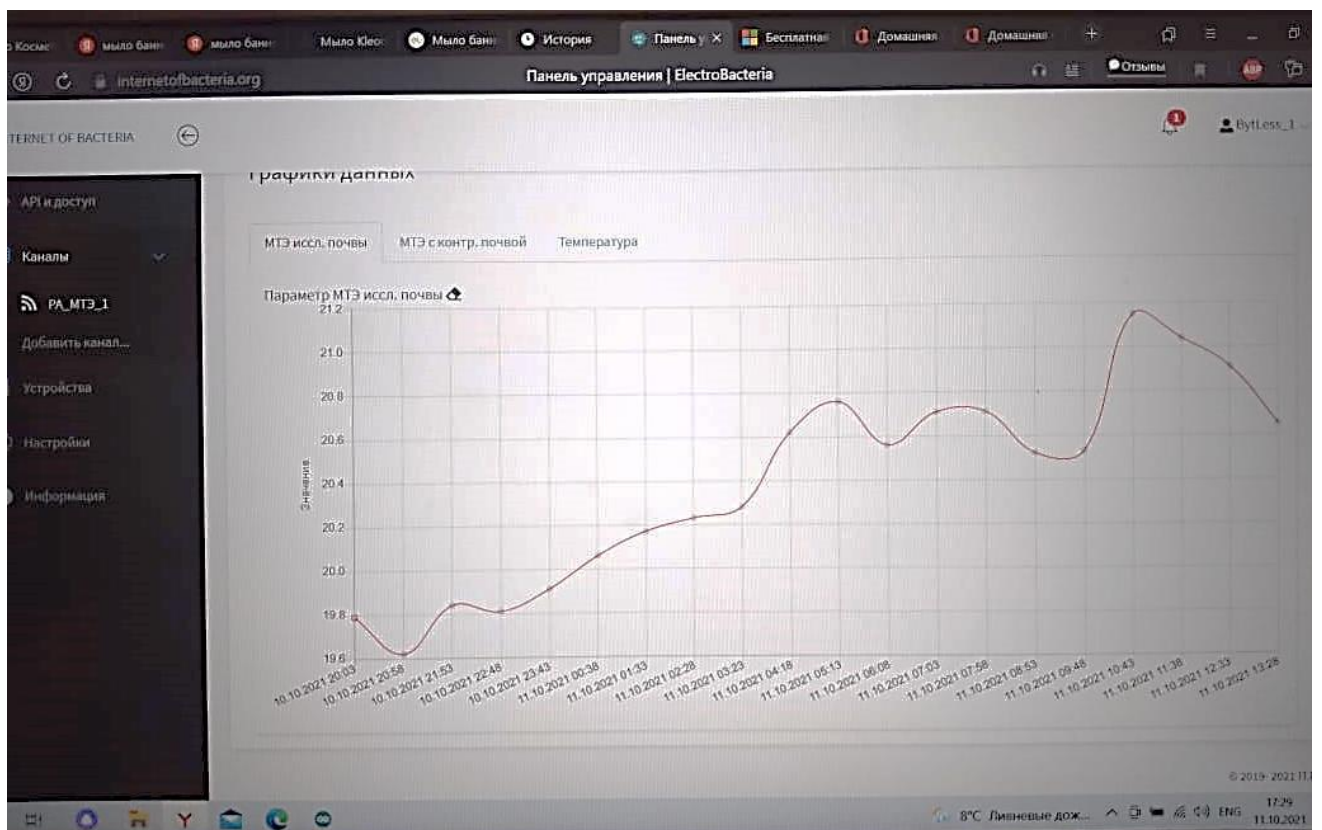
Проба	Количество ростков/пустых, в шт	% всхожести	Длина ростков, мм		
			min	max	среднее
МТЭ-1 с	50/7	92	15	40	10

электродами					
МТЭ-1 без электродов	50/0	100	5	39	24
МТЭ-2 с электродами	50/5	90	10	36	17
МТЭ-2 без электродов	50/5	90	1	45	27
МТЭ-3 с электродами	50/2	96	11	42	28
МТЭ-3 без электродов	50/6	88	1	40	22

По результатам анализа таблицы можно сказать, что во всех пробах биологическая активность высокая, рост ростков достаточно активный.

Фотоотчёты по нашим исследованиям можно увидеть в приложении.

### 3.6. Результаты работы МТЭ в системе проекта Интернет бактерии



На графике показана последняя фиксация работы МТЭ\_1. По итогам обсуждения, решено оставить ее действующей, а другие убрать, так как

энергетическая активность в них подавлена. Причина нам не известна, но они перестали работать.

## **ВЫВОДЫ:**

1. Нами были установлены три микробно-топливных элемента.
2. Из них нормально работали с подключением к Wi-Fi два: T7X1T и 7KRAT.
3. При исследовании активности анаэробных бактерий выявлено, что они очень активно разложили хлопчато-бумажную ткань. Которая несохранилась к концу исследования. Это означает, что присутствуют в большом количестве целлюлозоактивные бактерии.
4. Анализ на редуктазную активность показал хорошую реакцию в пробе учебно-опытного участка и наименьшую в пробе взятой в плодовом саду.
5. Фитотест показал также хороший результат активности бактерий.
6. Энергетическая активность бактерий слабая в РА\_МТЭ\_2 и РА\_МТЭ\_3. Остался в работе РА\_МТЭ\_1.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Микробные топливные элементы: получаем электричество, избавляясь от мусора [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <https://postnauka.ru/talks/54243>. - дата посещения, 20.05.2021.
2. Микробно-Топливный Элемент - Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Микробные\\_топливные\\_элементы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Микробные_топливные_элементы), - дата посещения: 18.11.2021.
3. Микробно-Топливный Элемент как источник альтернативной энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа свободный: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikrobnyy-toplivnyy-element-kak-istochnik-alternativnoy-energetiki/viewer>, - дата посещения: 16.11.2021.



Производственный отдел эколого-биологического отдела, базы  
Кванториума-04



Оборудование для сборки МТЭ



Сборка микробно-топливных элементов.



Подсчёт и оценка роста кресс салата.