



*Тема НИР:*

*«Разработка ресурсосберегающей  
технологии получения  
биоэлектричества  
с использованием органических  
субстратов»*



*Целью настоящего исследования  
является разработка ресурсосберегающей технологии  
получения биоэлектричества  
как результата жизнедеятельности  
микроорганизмов  
с использованием органических субстратов и систем  
получения биоэнергии.*



## Назначение:

- *Повышение эколого-экономической эффективности использования природно-ресурсного потенциала на основе использования вторичных материальных ресурсов, а также оптимизация условий техногенной среды существования человека.*

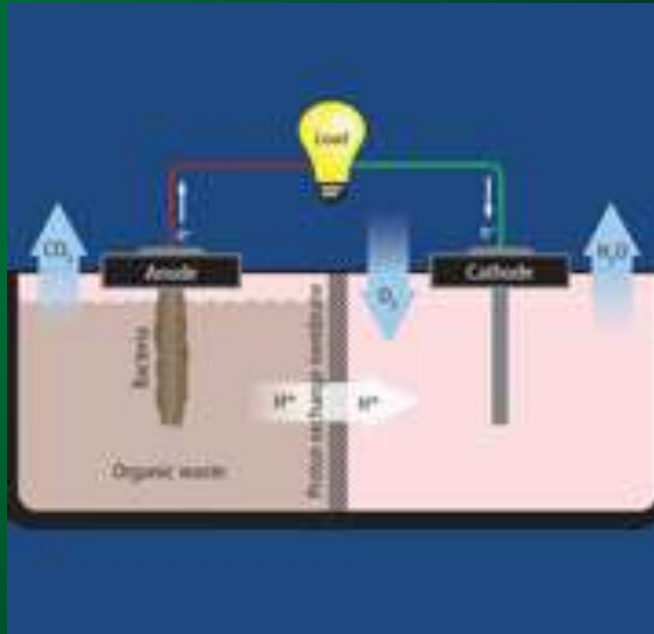
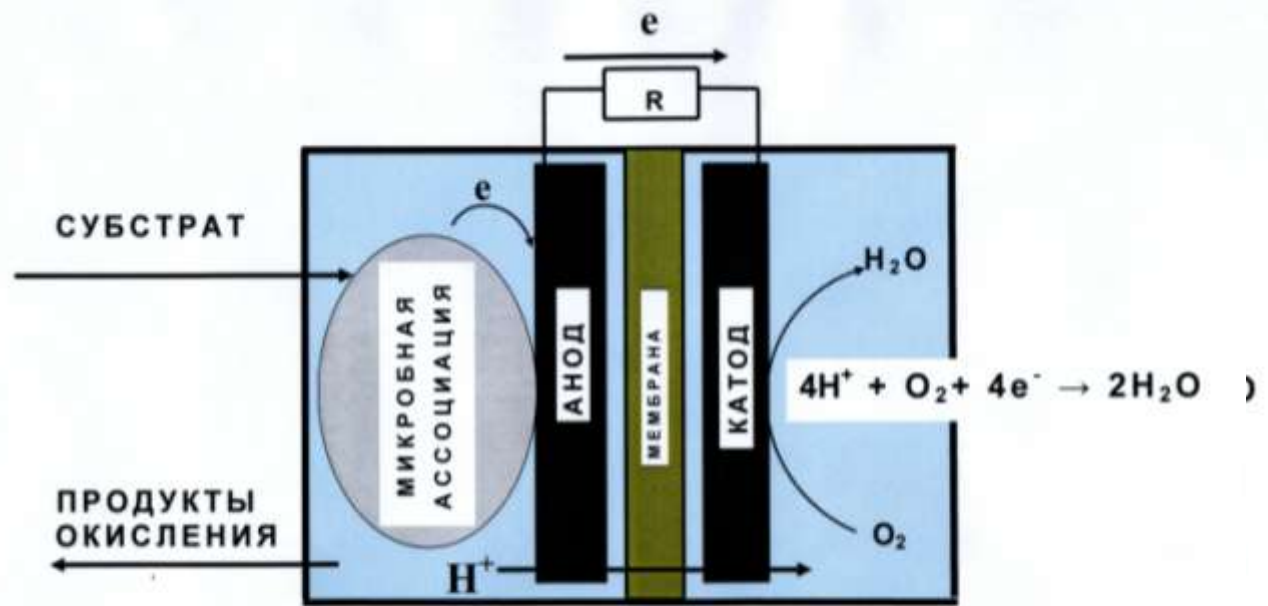


Рис. 1. Упрощённая схема микробного топливного элемента: анод (слева), на аноде живёт колония бактерий, справа - катод в воде, между двумя камерами - мембрана, пропускающая катионы



**ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА МИКРОБНОГО  
ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА**

Рис.2. Принципиальная схема МТЭЛ.



**Рис. 3. Система катодной камеры, основанная на проекте Liu и Logan (2004) собранный (А) и несобранный (В) со всеми частями**



**Рис.4. Реактор со сменными секциями**

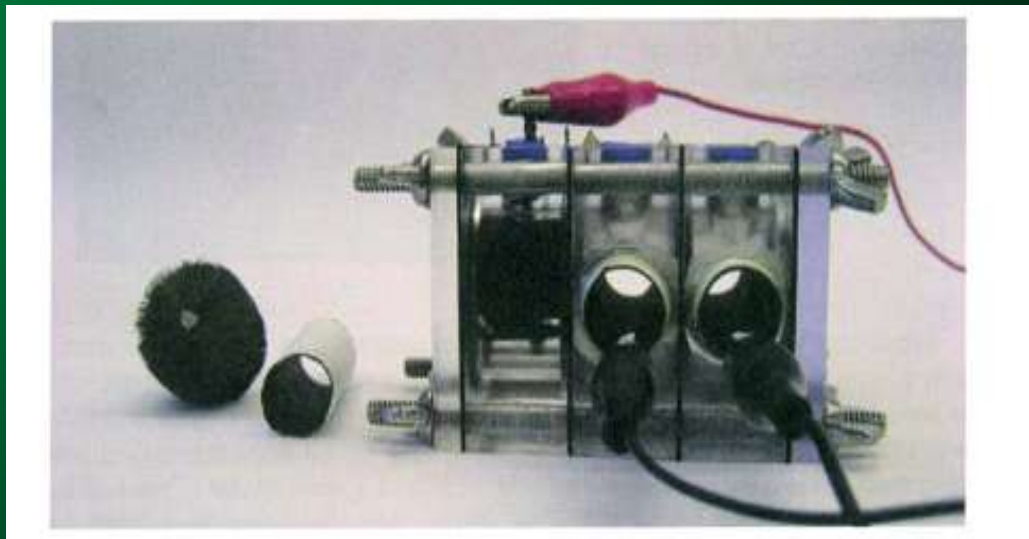


Рис.5. Реактор, содержащий анодные щетки и два трубчатых катода





Рис.6. Электробиореакторы

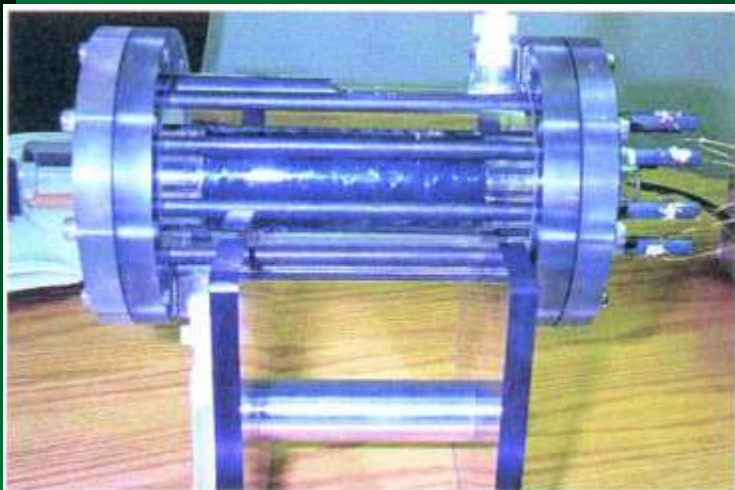


Рис.7. Электробиореакторы

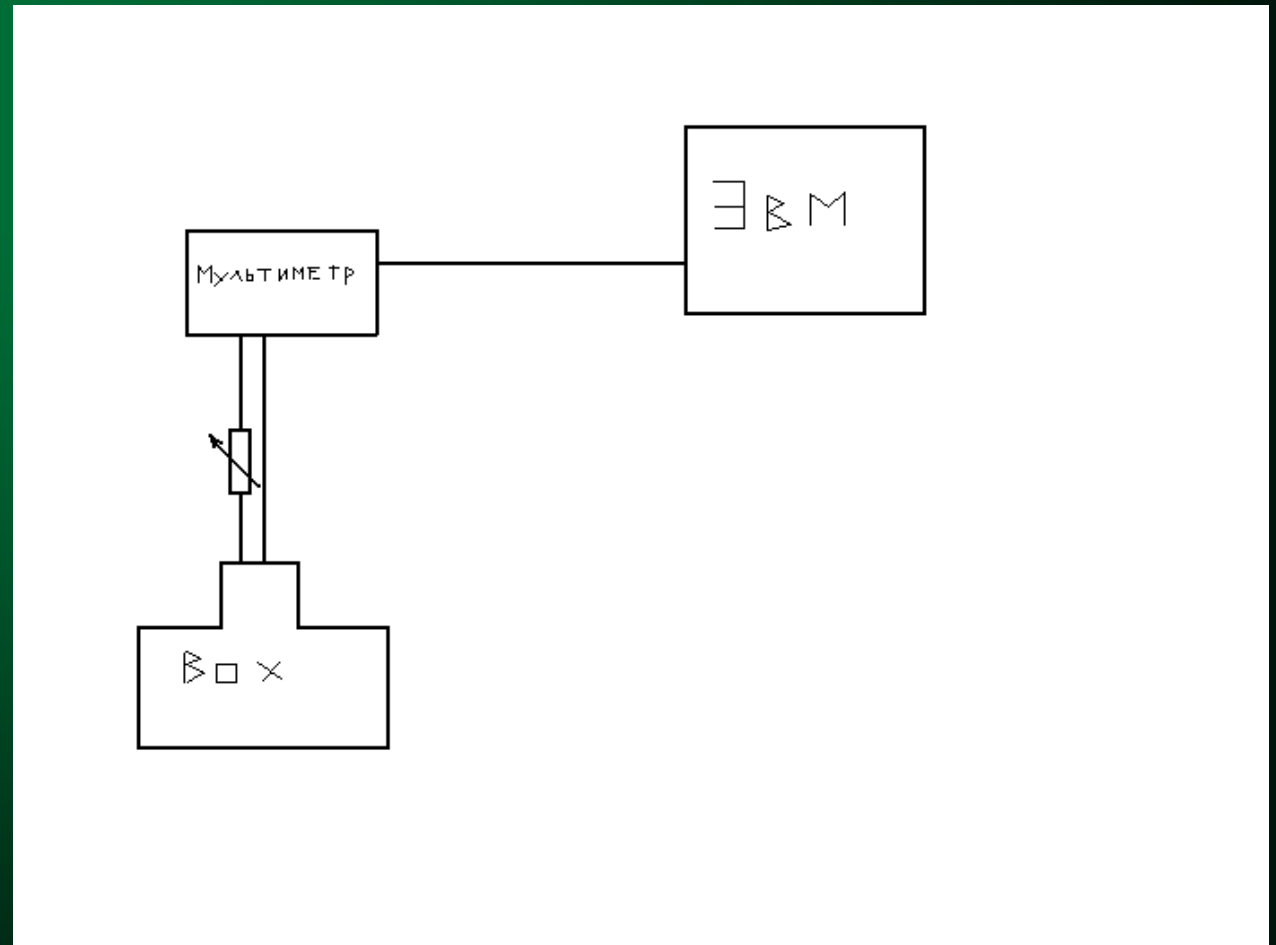


Рис.8. Принципиальная схема установки для получения биоэлектричества.

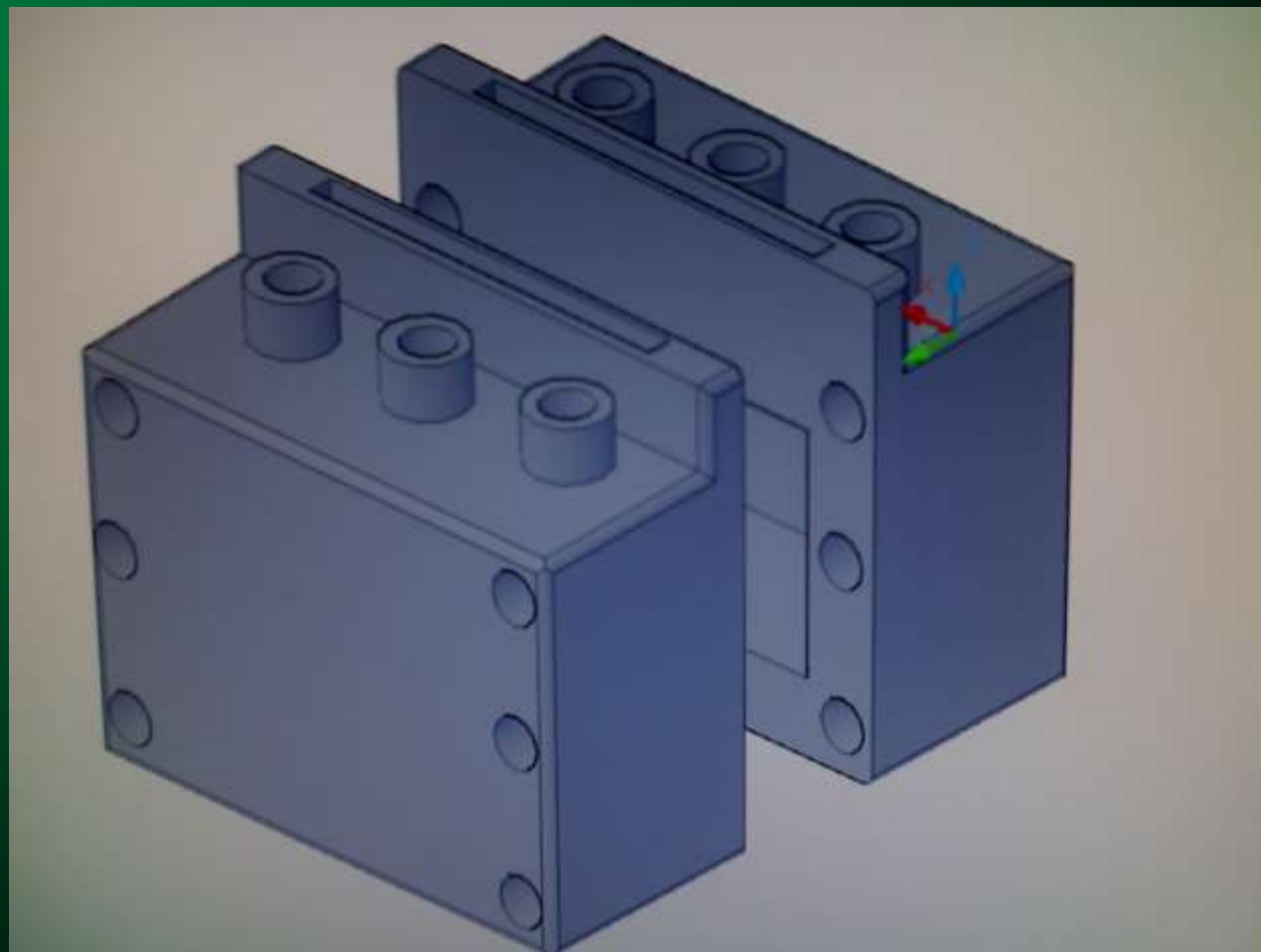


Рис.9. Реакционные камеры электробиореактора.

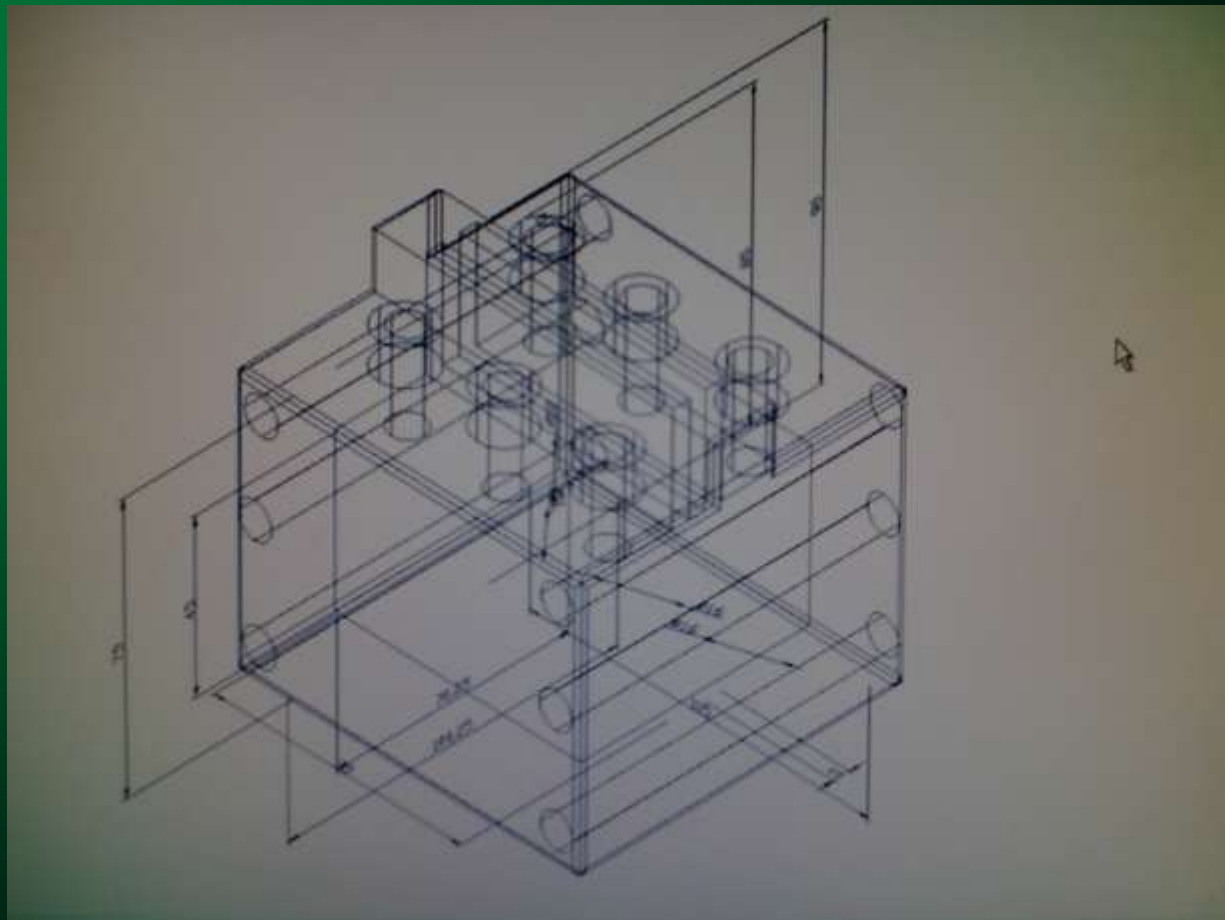


Рис.10. Электробиореактор.

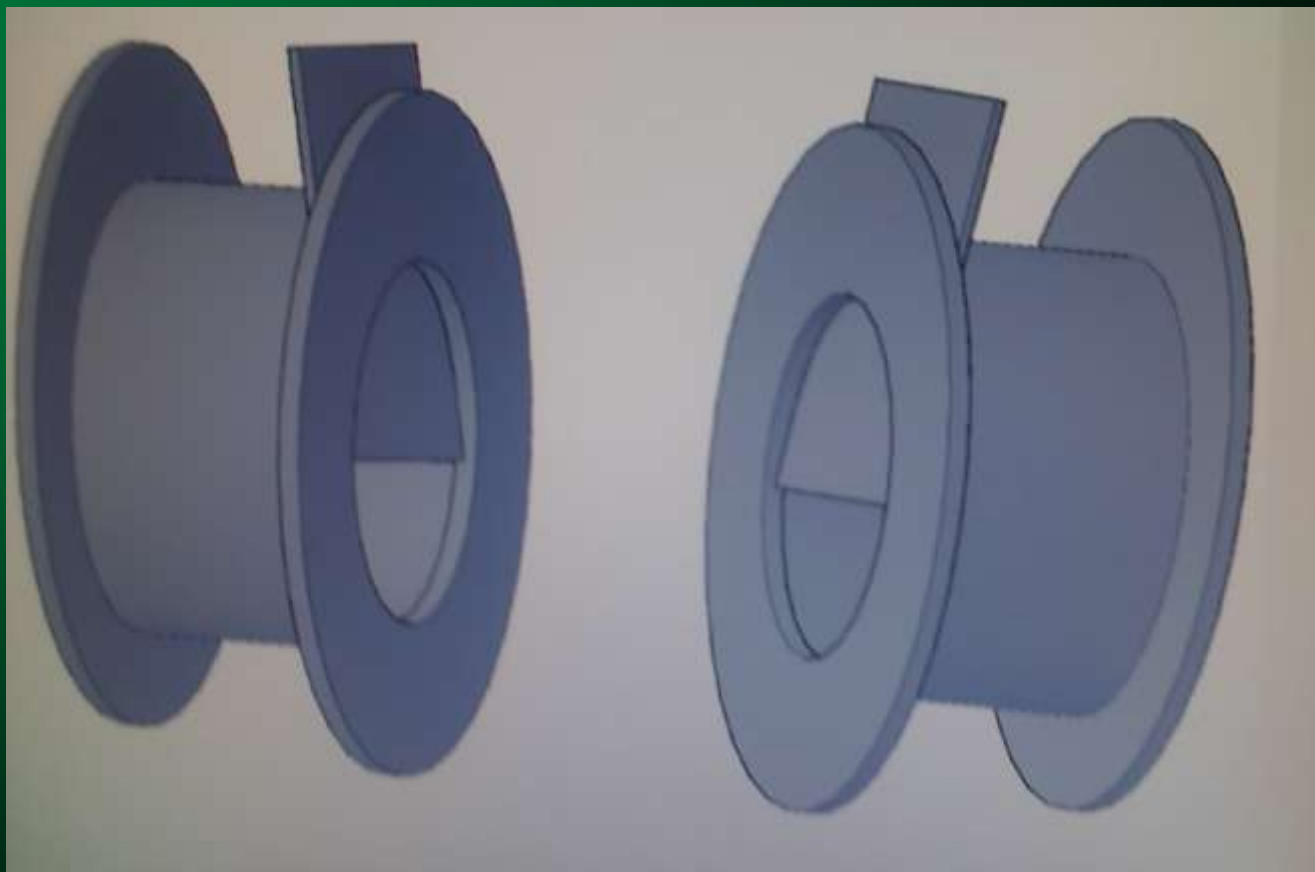


Рис.11. Реакционные камеры электробиореактора.





Рис.12. Электробиореактор.Лабораторный образец.



**Рис. 13. Детали электробиореактора.**





Рис.14. Монтаж электробиореактора.



Рис.14. Электробиореактор.Лабораторный образец.



Рис.15.Лабораторные испытания электробиореактора.



**Рис. 16. Элементы электробиореактора**



**Рис. 17. Электробиореактор. Внешний вид.**



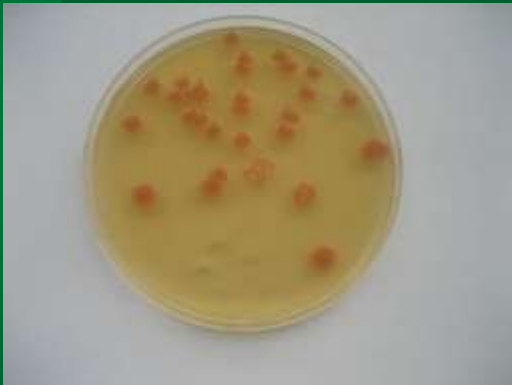


▼ Состав модифицированной минимальной среды (на 1 л дистиллированной воды):

- ▼  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – 28 мМ,  $\text{KCl}$  – 1.34 мМ,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  – 5 мМ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  – 0.7 мМ,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 1 мМ, PIPES – 20 мМ,  $\text{NaCl}$  – 52 мМ,  $\text{CaCl}_2$  – 0.2 мМ.
- ▼ В среду добавляли микроэлементы. 1 л среды содержит:
- ▼  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 10.0 мг/л,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 5.0 мг/л,  $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 3.0 мг/л,  $\text{ZnCl}_2$  – 2.0 мг/л,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 0.5 мг/л,  $\text{H}_3\text{BO}_4$  – 0.2 мг/л,  $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 1.0 мг/л,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 0.02 мг/л,  $\text{Na}_2\text{SeO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – 0.06 мг/л,  $\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – 0.08 мг/л



- ✓ Модельным объектом для изучения производства биоэлектричества служит электрогенная бактерия *Shewanella oneidensis* MR-1.



- ✓ Рис. 18 – Колонии *Shewanella oneidensis* MR-1 на среде LB



*Результаты  
экспериментальных  
исследований по отработке  
технологических режимов  
получения биоэлектричества  
с использованием органических  
субстратов*





Раствор в анодной камере	Напряжение, мВ.	Сила тока, мкА.
Спирт	340	0
Спирт	174	0
Вода диет. стерильн. I	Без сопротивл. - 150-180 С сопр. - 53	6-0 6-3.5
Вода диет. стерильн. I	С сопр. - 75	12-8
Вода диет. стерильн. II	Без сопротивл. - 100-115 С сопр. - 50	Без сопр. - 1,5 - 2 С сопр. - 1,3 - 3
Вода диет. стерильн. II	Без сопротивл. - 13 С сопр. - 9	Без сопр. - 0,5 С сопр. - 0,6
Вода диет. стерильн. III	Без сопротивл. - 30 С сопр. - 18	Без сопр. - 1,0 С сопр. - 1,0
Вода диет. стерильн. III	Без сопротивл. - 3,0 С сопр. - 2-3	Без сопр. - 0,3 С сопр. - 0,2
Среда для Shew, чистая	Без сопротивл. - 120-150 С сопр. - 110-117	Без сопротивл. - 3,5 С сопр. - 12 - 20
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 200-300 С сопр. - 160-300	Без сопротивл. - 7-12 С сопр. - 25-30
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 438 <b>С сопр. - 479</b>	Без сопр. - 66,5 <b>С сопр. - 170 - 200</b>
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 396 С сопр. - 379	Без сопр. - 60 С сопр. - 130-160
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 300-320 С сопр. - 250	Без сопр. - 20 С сопр. - 60
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 300-310 С сопр. - 210	Без сопр. - 17 - 20 С сопр. - 45
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 200 С сопр. - 150	Без сопр. - 17 - 20 С сопр. - 45
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 300-310 С сопр. - 210	Без сопр. - 10-20 С сопр. - 36-40
Среда + Shew.	Без сопротивл. 170 С сопр. - 147	Без сопр. - 7 С сопр. - 30
Среда + Shew.	Без сопротивл. - 210 С сопр. - 190	Без сопр. - 11 С сопр. - 40



**Таблица 2.  
Основные параметры технологического процесса  
получения биоэлектричества**

<b>Параметр</b>	<b>Значение</b>
<b>Диапазон рабочих температур</b>	<b>25 – 40 С</b>
<b>Избыточное давление</b>	<b>1 -2 атм.</b>
<b>Продолжительность цикла</b>	<b>до 10 сут.</b>
<b>рН среды</b>	<b>7-7,5</b>
<b>Режим</b>	<b>Анаэробный или микроаэрофильный</b>



## *Результаты НИР:*

*Результаты, полученные на лабораторном уровне и при выполнении расчетных и конструкторских работ, позволяют судить о эколого-экономической эффективности данного технологического направления.*



## *Эколого-экономическая эффективность технологии получения биоэлектричества по показателям эффективности инвестиций:*

*Срок окупаемости инвестиций.*

Для Калуги – 3 года.

*2. Индекс прибыльности.*

*Значение должно превышать 1 .*

Для Калуги - 1,55

*3. Внутренняя норма рентабельности*

1,38%

*4. Чистый приведенный доход.*

Величина чистого приведенного дохода  
на конец десятилетнего расчетного периода  
составила:

Для Калуги более 15 млн. руб.



**Технология получения  
биоэлектричества  
является :**

- универсальной,
- ресурсосберегающей
- эффективной с эколого-экономических позиций



## *Перспективы развития данного направления:*

- ✓ Выполнение опытно-конструкторских разработок;*
- ✓ Использование различных конструкций электробиореакторов и применение различных органических субстратов (сточных вод, продуктов микробиологической утилизации);*
- ✓ Использование автоматизированных систем получения биоэнергии*

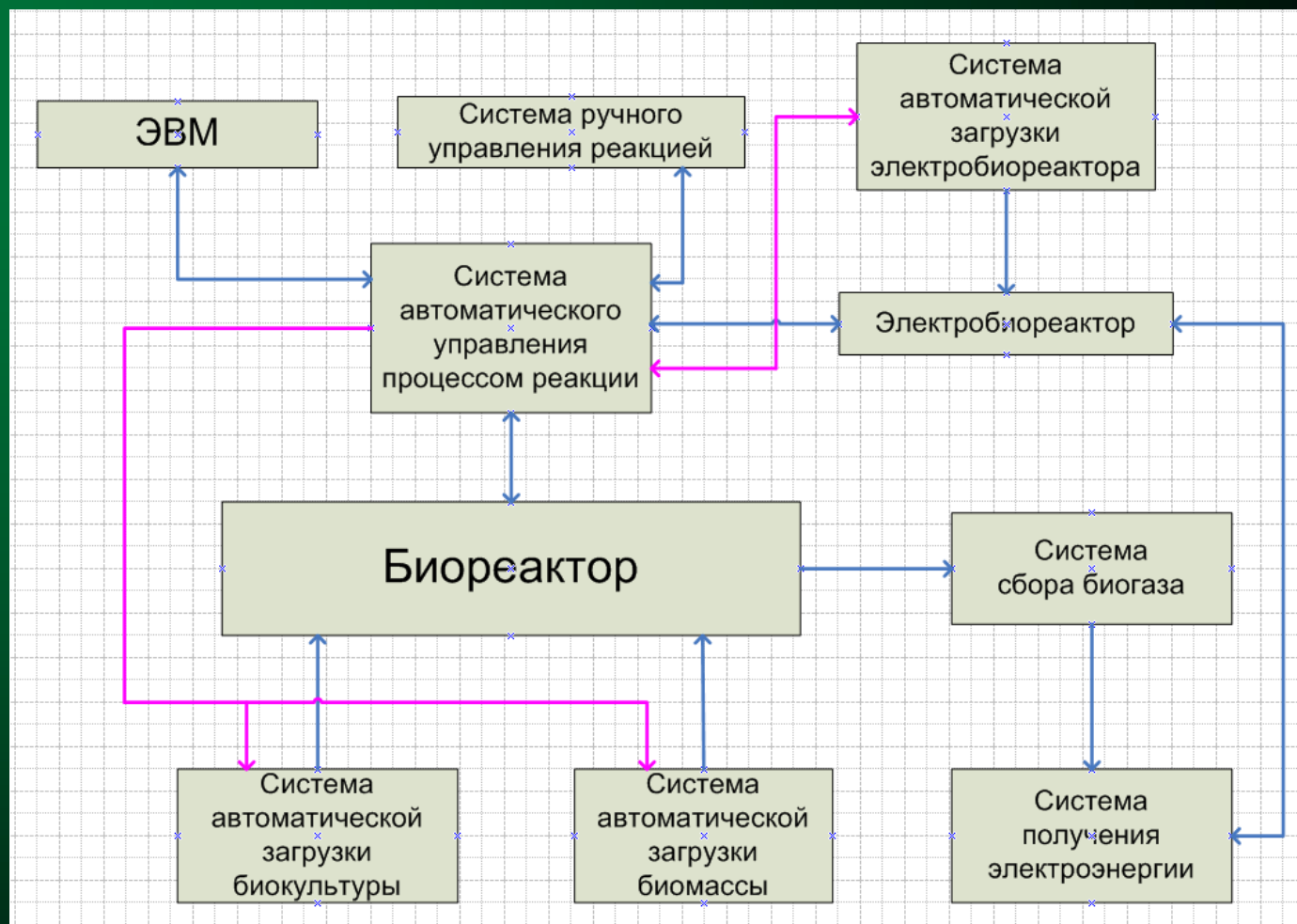


Рис.19. Принципиальная схема автоматизированного биоэлектрического комплекса.



Рис.20. Биореактор. Лабораторный образец.