

# ЛКТС. Кислородный фотобиореактор

Участники проекта:

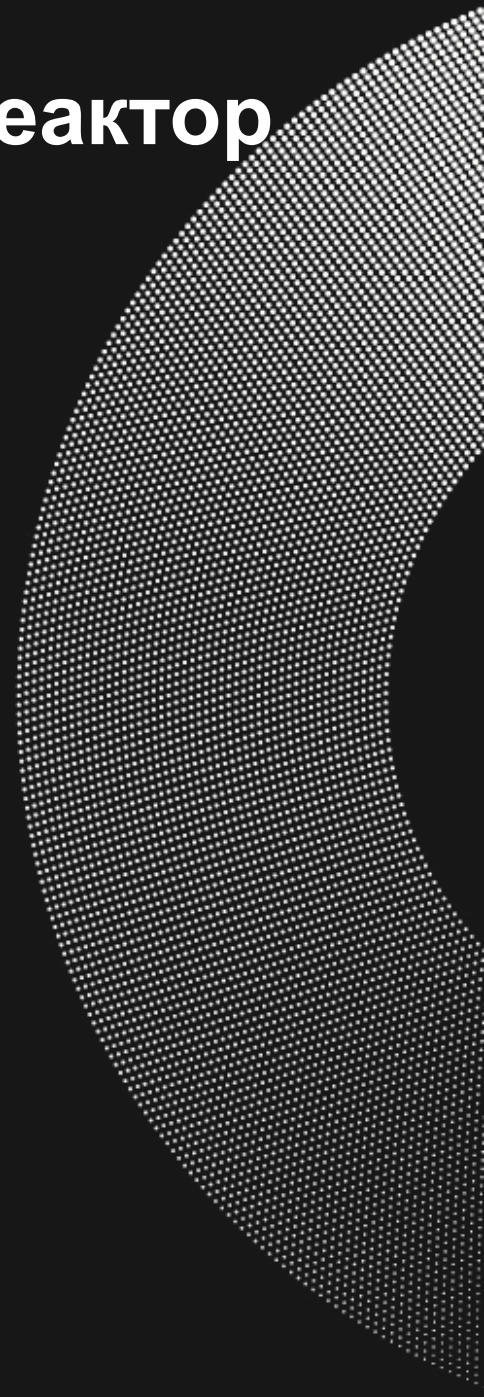
Студенты Московского политехнического  
университета:

Зубова Е.  
Абрамов А.  
Березина Е.  
Кузнецова А.  
Иванова А.  
Макеева Е.  
Зарайский А.

Научный руководитель: Заборская Ольга  
Юрьевна



МОСКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХ



## Современные СЖО:

- Громоздки
- По принципу работы практически не основываются на регенерации ресурсов
- По истощению ресурса (если таковой имеется) становятся практически бесполезным балластом
- Нуждаются в техническом совершенствовании для повышения автономности экипажа космических аппаратов



Андрей Борисенко, Александр Самокутяев и Сергей Волков с тремя блоками «Электрон-ВМ»



# Цели и задачи проекта

**Цель проекта:** разработка образца компактного фотобиореактора для использования на автономных космических станциях с целью производства кислорода и белковой массы.

**Задачи проекта:**



Проектирование аппарата фотобиореактора



Создание работающего прототипа кислородного фотобиореактора



Теоретический подбор оборудования и материалов для реализации прототипа и проектной установки



Подбор микроорганизмов, способных к производству кислорода и белковой массы в условиях пребывания на космической станции



Проведение расчётов получаемого объёма кислорода и белковой массы



## Подбор микроорганизма

| <b>Chlorella vulgaris</b>   | <b>Spirulina (Arthrospira) platensis (Nordst.) Geitl.</b>          |
|---|--|
| Не требовательны к углекислому газу и питательной среде                   | Среда должна быть сильно щелочной                                  |
| Достаточно раз в сутки вносить суспензию, насыщенную углекислым газом     | Требуется постоянное введение углекислого газа                     |
| Равномерное распределение в культуральной среде                           | Для выращивания необходимо постоянное перемешивание                |
| Содержит все незаменимые аминокислоты, имеет высокую питательную ценность | Высокий процент выхода белка на единицу площади за единицу времени |



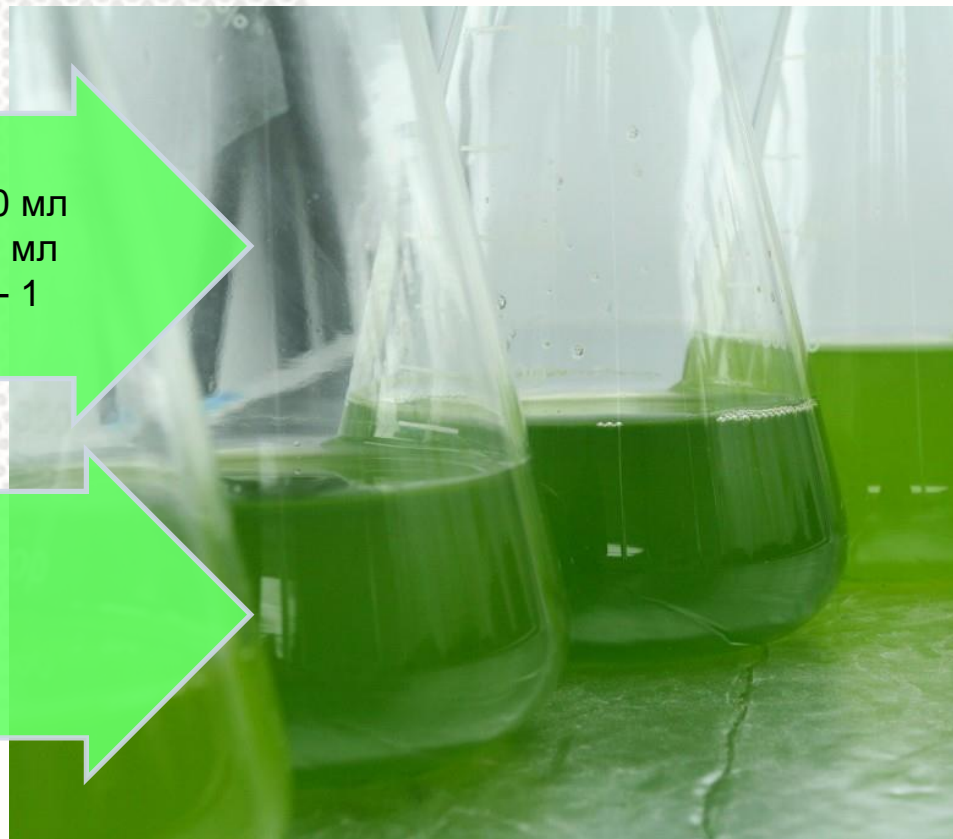
# Питательная среда (среда Тамия)

## Макроэлементы

- $\text{KNO}_3$  (25%-р-р) - 20 мл
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (12,5%-р-р) - 10 мл
- $\text{MgSO}_4$  (12,2%-р-р) - 10 мл
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (1%-р-р) - 1 капля

## Микроэлементы

- $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 0,71 г.
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  - 0,45 г.
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,055 г.
- $\text{MoO}_3$  - 4,41 мг.
- $\text{NH}_4\text{VO}_3$  - 5,74 мг.



# Методика приготовления питательной среды

## Раствор А

- Растворить в 250 мл дистиллированной воды  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

## Раствор Б

- Растворить в 250 мл дистиллированной воды  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{VO}_3$

## Смешивание

- В мерную колбу объемом 1 л:  $\text{KNO}_3$  (25%-раствор),  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (12,5%-раствор),  $\text{MgSO}_4$  (12,2%-раствор),  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (1%-раствор), раствор А - 1 мл, раствор Б - 1 мл.
- Довести объем раствора до 1 литра.
- Разбавить полученную среду тамия в 5 раз

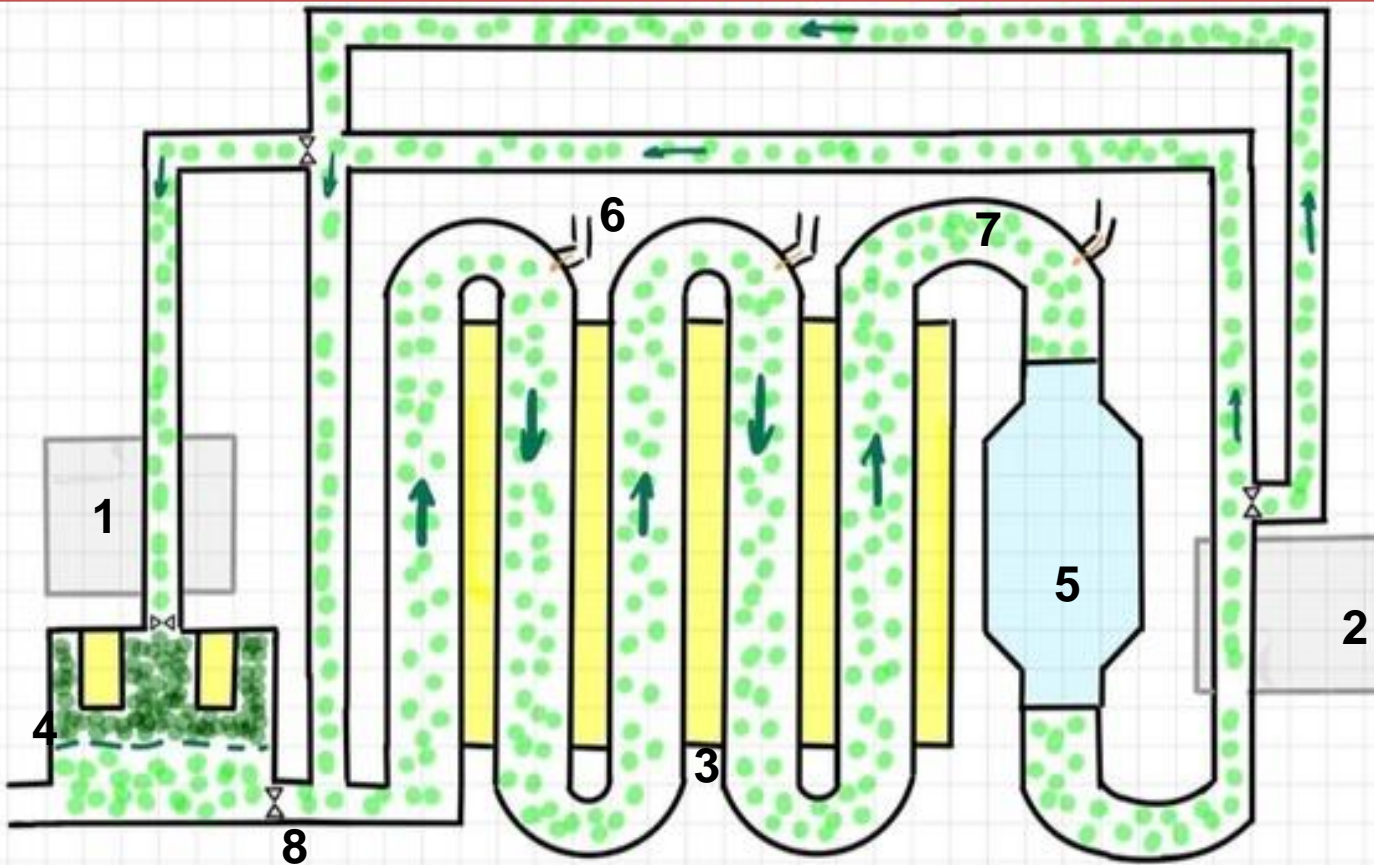
## Лабораторная посуда:

- Стеклянные трубки
- Специальные шпатели из стеклянных палочек
- Пипетки;
- Пробирки, колбы, флаконы, закрываемые ватно-марлевыми пробками





## Арт – схема конструкции фотобиореактора



1. Насос 1
2. Насос 2
3. Источник света
4. Блок накопления биомассы (белка)
5. Адсорбционная колонна
6. Трубки для подачи питательной среды
7. Культуральная жидкость
8. Задвижки



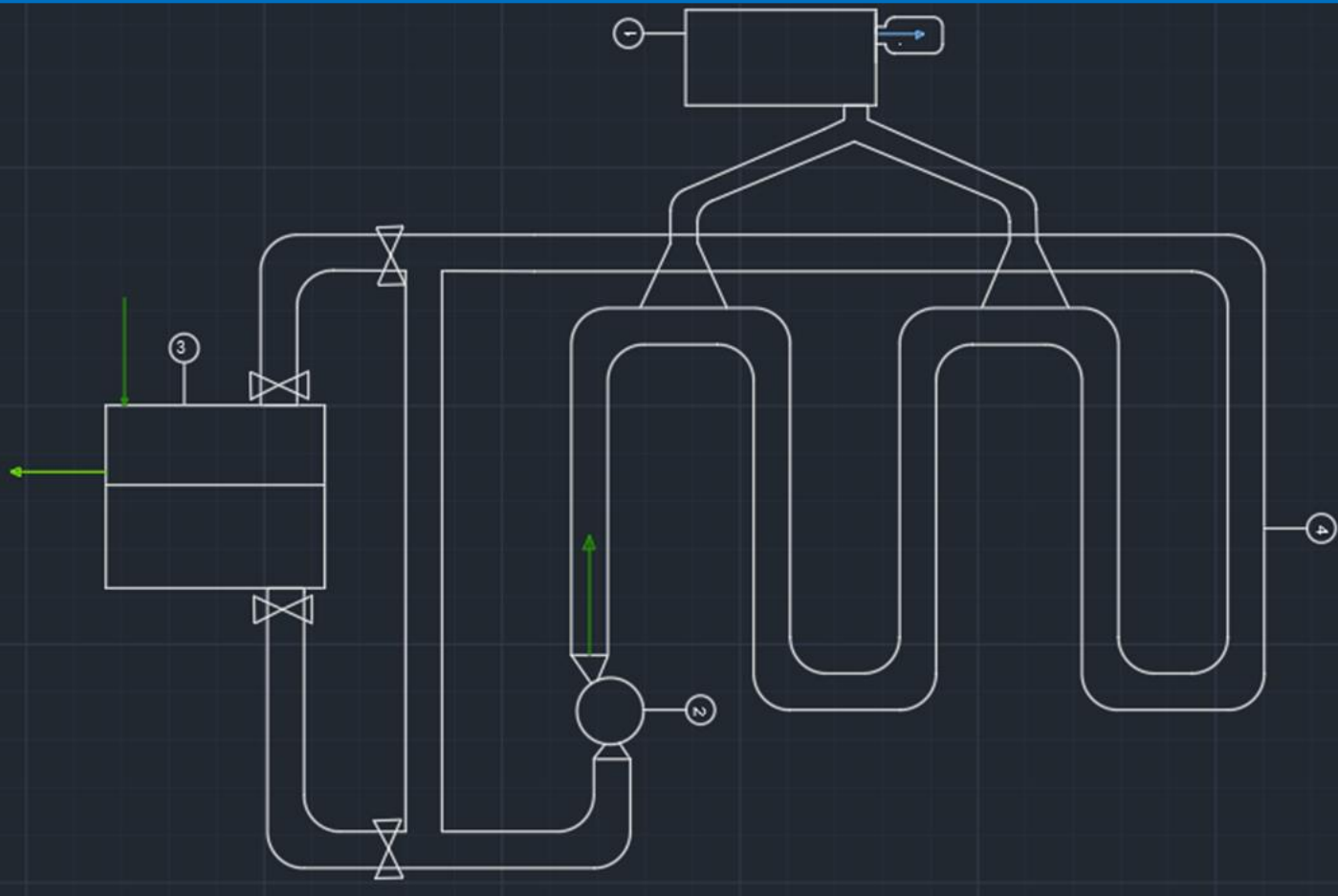
# Составные части конструкции фотобиореактора

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>○ Система замкнутых трубок</li><li>○ Трубки для газоотвода и питательных веществ</li><li>○ Блок приёма биомассы</li><li>○ Корпус</li></ul> | Техническое органическое стекло СЭП ХТ или<br>Прозрачный АБС-пластик (MABS)   |
| Насосы   | Мембранные насосы Lutz DMP и IrexPump   |
| Источник света   | Светодиодные лампы широкого спектра   |
| Компрессор   | Воздушный компрессор Secoh JDK 100  |
| Мембрана (в блок накопления биомассы)  | Целлюлозная мембранная фильтрующая перегородка для микрофльтрации   |
| Адсорбент кислорода  | Микропористый углеродный адсорбент АУК или наночастицы рутения  |
| Необходимые датчики контроля   | pH-метр, датчик растворенного кислорода, датчик Pt-100 (измерение температуры), датчик, показывающий высокий/низкий уровень пены, датчик давления |





# Схема конструкции прототипа фотобиореактора




1 – газосборник


2 – насос


3 – блок сбора  
биомассы

4 – система  
замкнутых трубок

 - движение  
биомассы

 - ввОД  
питательной среды

 - выХОД  
кислорода

 - задвижки

## Промежуточные результаты

Подготовлена теоретическая база для проведения эксперимента с микроводорослями

Шаг  
01

Спроектирован прототип кислородного фотобиореактора

Шаг  
02

Усовершенствована схема основной установки кислородного фотобиореактора

Шаг  
03

Создан перечень необходимого для продолжения работы оборудования, материалов и реактивов

Шаг  
04

# Потребности для реализации поставленных задач

## Микробиологические испытания

1) Суспензия хлореллы (от 300мл до 1л)

2) Реактивы для приготовления питательной среды тамия:

- $\text{H}_3\text{BO}_3$  - 0,71 г.
- $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  - 0,45 г.
- $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  - 0,055 г.
- $\text{MoO}_3$  - 4,41 мг.
- $\text{NH}_4\text{VO}_3$  - 5,74 мг.
- $\text{KNO}_3$  (25%-р-р) - 20 мл
- $\text{KH}_2\text{PO}_4$  (12,5%-р-р) - 10 мл
- $\text{MgSO}_4$  (12,2%-р-р) - 10 мл
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (1%-р-р) - 1 капля

3) Осветительные приборы, которые обеспечат цикл освещения с интенсивностью 2000-3000 люкс

4) Лабораторная посуда:

- Стеклянные трубки диаметром 0,5-0,6 см и длиной 35-40 см.
- (Платиновые) петли, иглы, шпатели
- Бактериологические пробирки с штативами
- Колбы с ватно-марлевыми пробками
- Пипетки с автоматическими насосами
- Микробиологическая лаборатория

5) Преподаватель



# Потребности для реализации поставленных задач

## Прототип установки

- 1) Сосуд для размещения биомассы.
- 2) Силиконовый прозрачный шланг 3м. 8-10mm
- 3) Материалы для изготовления аккумулятора:
  - Литиевые батареи 18650;
  - Припой;
  - Паяльник и паяльная кислота (или самодельны флюс из лимонной кислоты и спирта);
  - Соединительные провода для соединения источников питания и импорта энергии к элементам фотобиореакторной установки;
- 4) Светодиодная лента SMD2835 холодного света, 5м, 12v.
- 5) Насос вакуумный 12В 15-25 л/мин
- 6) Система воздухообора (емкость в которую поступает кислород, с совмещенным с ним механическим поршнем, барометр, баллон с клапаном для конечного экспорта кислорода\*)
- 7) Задвижки

\*- баллон с клапаном можно заменить дополнительным промежуточным сосудом через который можно разово заполнять баллон для газа.

**Спасибо  
за внимание!**



**МОСКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХ**