

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ФОТОБИОРЕАКТОР ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ
МИКРОВОДОРОСЛЕЙ CHLORELLA VULGARIS**

Трофимчук О.А., Малахов А. С., Иванова С.С.

Научный руководитель: Яковлев А.Н., к. ф. – м. н., доцент.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ravena1208@mail.ru

**AUTOMATED PHOTOBIOREACTOR FOR CULTIVATION
OF MICROALGAE CHLORELLA VULGARIS.**

Trofimchuk O.A., Malakhov A. S. , Ivanova S.S.

Scientific Supervisor: Director, PhD, Associate professor Yakovlev A. N.

Tomsk Polytechnic University, 30 Lenin str., Tomsk, Russia, 634050

E-mail: ravena1208@mail.ru

The article considers the problem of efficiency of cultivation of microalgae *Chlorella Vulgaris*. It includes the comparison of photobioreactors existing on the market. The necessity of automatic control of the entire technological process of cultivation is identified and proven. Based on the performed analysis it is proposed to carry out the automation of a cultivation process in modern and reliable systems built on microcontroller basis. Particular attention is given to the description of the proposed prototype model, its advantages and prospects of development.

Хлорелла – это представитель рода одноклеточных зеленых водорослей. Она является активным продуцентом биомассы и содержит полноценные белки, жиры, углеводы и витамины. Входит в категорию «суперпродуктов» [1].

Для ее культивирования применяется специальное устройство, обычно называемое установкой или реактором. Продуктивность микроводорослей в основном зависит от типа и конструктивных особенностей этих установок. Фотобиореактор – устройство для создания благоприятных условий культивирования хлореллы [2].

В России культиваторы для выращивания хлореллы производят несколько компаний. Компания «ДЕЛО» предлагает: установки серии КМК (культиватор маточной культуры) - КМК-150, производительностью 50 л суспензии в сутки (рисунок 1а); установки серии ФБР - ФБР-150 и ФБР-250, производительностью соответственно 150 и 250 л суспензии в сутки (рисунок 1б) [3].



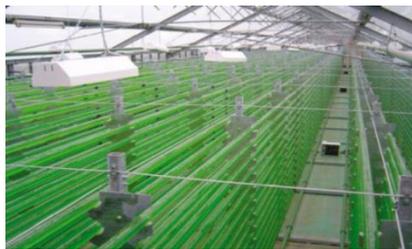
а



б



в



г

Рисунок 1. Установки для культивирования хлореллы: а – КМК-150; б – ФБР-150; в – КХ-60; г – реактор закрытого типа

Компания ОАО «АгроСервер» предлагает биореактор КХ-60 (рисунок 1в). Это модульная установка с производительностью суспензии хлореллы 60 л [4]. Имеется и немецкий фотобиореактор фирмы AEN Engineering (АЕН Инжиниринг) закрытого типа (рисунок 1г) для промышленного выращивания микроводорослей хлорелла (*Chlorella vulgaris*) и спиролина (*Spirulina platensis*), сама технология производства биомассы микроводорослей отличается соблюдением специальных параметров (чистота, высокое качество исходных компонентов, стерильность) [5].

Фотобиореакторы, в зависимости от конструкции, способны работать в автоматическом или полуавтоматическом (с присутствием оператора) режиме. Значительный недостаток имеющихся установок – это малая степень автоматизации. Этот факт делает необходимым наличие оператора для отслеживания параметров среды на протяжении всего цикла выращивания (около 18 ч по методике), а это может привести к ошибке в технологическом процессе, так называемому «человеческому фактору».

Автоматическое управление всем технологическим процессом может свести участие оператора в процессе почти до нуля, что исключает возможность ошибки. Автоматизацию процесса культивирования можно реализовать на современных и надежных системах, построенных с использованием микроконтроллера [6]. Прогнозируется создать культиватор с постоянным контролем основных параметров среды. Такие меры позволят создать наиболее благоприятные условия для развития и роста микроводоросли. На рисунке 2 представлена схема фотобиореактора.

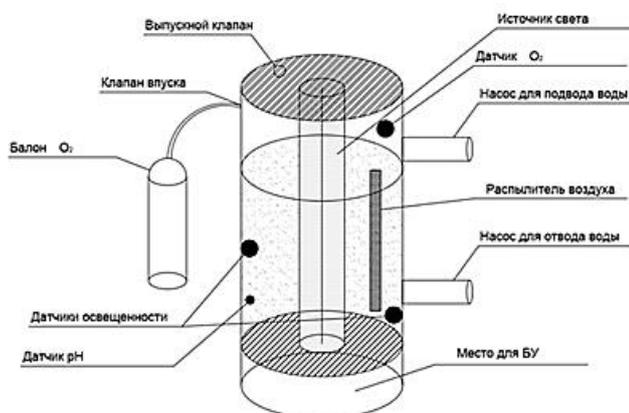


Рисунок 2. Схема фотобиореактора

Реактор будет иметь датчики фиксации данных, блок управления и устройства для поддержания необходимых параметров. Особое внимание уделяется уровням освещенности, O₂, и температуры. Обязательный элемент – блок управления (БУ), который состоит из нескольких блоков микросхем. Предполагается использовать микроконтроллер Arduino UNO R3. На платформе Arduino Uno установлено несколько устройств для осуществления связи с компьютером, другими устройствами Arduino или микроконтроллерами.

Создание модели автоматической системы даст возможность отладить каналы связи устройств, а в будущем облегчить эксплуатацию культиватора. В установке также будут использованы светодиодные источники света.

Ожидается, что новый реактор позволит максимально автоматизировать выращивание микроводорослей, а так же устранить большую часть имеющихся недостатков применяемых на сегодня культиваторов. Скорость получения и качество готового продукта должны выйти на новый уровень и, в то же самое время, сократятся затраты на электроэнергию и работу обслуживающего персонала.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-08-06682а.

Список литературы:

1. Музафаров А.М., Таубаев Т.Т. Культивирование и применение микроводорослей. – Т.: ФАН Узбекской ССР, 1984. – 122 с.
2. Лисовский Г. М. Управляемое культивирование микроводорослей. Изд. «Наука», 1964. – 153с.
3. Официальный сайт компании ООО "Дело" – [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.хлорелла.рф> (дата обращения 14.10.14).
4. Официальный сайт компании ОАО "АгроСервер" – [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.agroserver.ru> (дата обращения 17.10.14).
5. Официальный сайт компании AEN Engineering GmbH & Co. KG – [электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://agrodaily.ru/companies/aen-engineering-gmbh-co-kg/announcements/> (дата обращения 22.12.14).
6. Кругликова Л. Л. Влияние фотометрических характеристик источника излучения на эффективность выращивания микроводоросли *Chlorella Vulgaris* / Л. Л. Кругликова, Д. М. Савинова; науч. рук. А. Н. Яковлев // Современные техника и технологии: сборник трудов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 14-18 апреля 2014 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — 2014 . — Т. 1 . — [С. 135-136].