

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРТАТИВНЫХ ФОТОБИОРЕАКТОРОВ ДЛЯ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Романенко С.А.¹, Геворгиз Р.Г.²

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет
пр. Ленина, 30, г. Томск, 634050, РФ; e-mail: sofia.romanenko98@gmail.com

² ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»
пр. Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ; e-mail: r-gevorgiz@yandex.ru

Поступила в редакцию: 18.07.2019

Аннотация. В работе рассматривается проблема создания автоматизированных портативных фотобиореакторов для культивирования микроводорослей. Создание малогабаритных культиваторов, для работы с которыми не требуется квалификация, особенно актуально, так как среди населения растет спрос на биомассу микроводорослей. Рассмотрены основные требования к конструкции устройства, подходы к проектированию системы с точки зрения современных биологических и технических достижений. Приведены примеры существующих портативных фотобиореакторов, их параметры, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: микроводоросли, фотобиореактор, культиватор, хлорелла, спирулина.

Микроводоросли давно уже зарекомендовали себя в качестве перспективного ресурса во многих отраслях производства в мире [1, 2]. Благодаря своему специфическому обмену веществ микроводоросли способны синтезировать уникальные биологически активные вещества (пигменты, белки, жиры, микроэлементы в органической форме). Современные биотехнологии на основе микроводорослей – одно из наиболее стремительно развивающихся направлений. Ежегодно растет спрос на функциональные продукты на основе микроводорослей, а также на биомассу и суспензию клеток. Микроводоросли в основном культивируются с использованием больших фотобиореакторов открытого типа квалифицированным персоналом. Однако далеко не все частные потребители могут себе позволить подобный способ выращивания водорослей. Покупка готовой биомассы также представляется проблемной, так как срок ее хранения во многих случаях весьма ограничен.

Зачастую производство малых объемов микроводорослей происходит в фотобиореакторах закрытого типа. Существующие разработки подходят в основном для работ в лабораториях и требуют постоянного контроля [3, 4]. На сегодняшний день не существует автоматизированной портативной системы для культивирования микроводорослей, которая бы позволила производить биомассу микроводорослей в малых объемах и пригодную для использования в условиях малых фермерских хозяйств, приусадебных участках и пр. Портативность – свойство прибора, заключающееся в компактности его размеров и удобстве переноски для последующей работы – становится важным фактором, обеспечивающим спрос на такое устройство. Для создания подобной системы необходимо учитывать множество факторов. Большое количество работ [5–7] рассматривает влияние каждого фактора отдельно, но такой подход не позволяет разработать систему культивирования в целом из-за отсутствия учета взаимодействия факторов. Поэтому так важно рассмотреть основные аспекты культивирования микроводорослей в совокупности и выделить главные конструктивные особенности портативных систем.

Цель работы – на основе представлений о субстратзависимом росте микроводорослей сформулировать основные требования, предъявляемые при проектировании автоматизированных портативных фотобиореакторов.

В мире описаны рекомендации по созданию промышленных установок для культивирования микроводорослей в больших объемах [8]. Далеко не все из них могут быть применимы к меньшим системам. Кроме того, нужно понимать, что при создании портативной установки внешний вид прибора и удобство его обслуживания играет не меньшую роль, чем внутреннее содержимое [9]. Учет всех основных требований к конструктивному составляющему, как с точки зрения техники, так и биологии позволит создать автономную портативную установку для культивирования биомассы микроводорослей с высокой производительностью.

Рассмотрим основные требования, предъявляемые к объекту культивирования и портативному фотобиореактору.

Объект культивирования. До начала культивирования микроводорослей необходимо убедиться в подлинности рабочего штамма микроводорослей. Следует обратиться к паспорту на культуру, где указана подробная информация о систематическом положении штамма, его световых и температурных характеристиках, питательных средах для культивирования и пр. Исходные культуры можно приобрести в специализированных учреждениях в коллекциях культур микроводорослей.

Метод культивирования. Из множества методов культивирования наиболее простым в реализации является метод накопительных культур. Этот метод не требует специальной системы дозирования, сбора урожая и т.п., поэтому является предпочтительным при проектировании портативных фотобиореакторов. Следует отметить, что при использовании накопительного культивирования себестоимость фотобиореактора значительно ниже в сравнении с фотобиореакторами, позволяющими выращивать микроводоросли другими методами культивирования.

Освещение. Основным параметром, определяющим эффективность процесса культивирования биомассы микроводорослей, является поверхностная облучённость и распределение излучения внутри системы [4–7]. Кроме того, существенную роль играет спектральный состав источника излучения. Поэтому необходимо предъявлять требования к самому излучению с точки зрения биологического воздействия на клетки микроводорослей, так и технические аспекты самого облучателя.

С точки зрения биологического воздействия облучения на биомассу микроводорослей необходимо соблюдение следующих требований:

1. Излучение должно соответствовать области фотосинтетически активной радиации (ФАР), лежащей в пределах от 380 нм до 710 нм. Энергия потока такого излучения наиболее эффективно воздействует на физиологические процессы, происходящие в клетках микроводорослей [10].

2. В спектре источника излучения должны преобладать длины волн, необходимые для нормального функционирования фотосинтетического аппарата микроводорослей. Спектр источника излучения должен быть близок спектру поглощения культуры микроводорослей. Использование излучения с длинами волн, энергия которых не преобразуются в процессе фотобиосинтеза, ведет к снижению эффективности процессов роста и КПД фотобиореактора в целом.

3. Плотность потока от источника излучения должна соответствовать плотности потока, насыщающей фотосинтез для культивируемого вида микроводорослей. В противном случае энергии излучения будет или недостаточно для роста биомассы, или же при избытке будет наблюдаться эффект фотоингибирования, который также замедляет рост биомассы микроводоросли [11].

4. Спектр поглощения суспензии зависит от вида культивируемой микроводоросли. При выборе режима облучения, не учитывающего спектральные свойства выбранной культуры, КПД будущего фотобиореактора также значительно снижается [12].

5. Распределение излучения на рабочей поверхности должно быть равномерным. Клетки микроводоросли в суспензии должны получать одинаковое количество энергии света.

Кроме перечисленных выше параметров, предъявляемых к излучению облучатель должен обладать следующими техническими характеристиками:

1. Светоотдача источника излучения должна быть максимально возможной.

2. Срок службы источника излучения должен быть максимально возможным.

3. Цена источника излучения должна быть минимальной.

4. Нагрев источника излучения в процессе эксплуатации должен быть минимально возможным.

Объясняется это тем, что в случае перегрева системы необходимо использовать специальную систему охлаждения. Внедрение в систему фотобиореактора системы охлаждения значительно усложняет конструкцию и увеличивает её стоимость;

5. Класс защиты источника излучения должен быть максимальным. Использование устройства должно быть возможным в различных условиях окружающей среды, например, в сыром помещении, в условиях высокого содержания мелкодисперсных частиц (пыли), в условиях присутствия насекомых и пр.

Культуральная среда. Условия среды культивирования микроводорослей является важной составляющей для роста биомассы. Организация подходящих выбранной культуре условий может определить дальнейшие процессы, которые будут происходить на протяжении всего времени роста микроводоросли.

К среде, содержащей культуру, предъявляются следующие требования:

1. Питательная среда должна быть приготовлена в строгом соответствии с рецептурой для культивируемого вида микроводорослей. Невыполнение этого условия может привести к проблемам с адаптацией, изменению морфологии и гибели микроводорослей [13].

2. Суспензия клеток должна находиться в состоянии непрерывного перемешивания, благодаря чему клетки микроводоросли будут находиться практически в одинаковых условиях, и процесс роста будет максимальным. При перемешивании культуры исключается возможность появления концентрационных ям в околосклеточной среде, также из околосклеточной среды удаляются продукты жизнедеятельности клеток. Кроме того, при перемешивании из суспензии удаляется растворённый кислород и обеспечивается равномерное распределение световой энергии для клеток.

3. Для обеспечения клеток углеродом в среду культивирования должен непрерывно подаваться воздух, причем для достижения приемлемых скоростей роста микроводорослей скорость подачи должна составлять не менее 0,5 л воздуха на 1 л культуры в минуту. Также необходимо обеспечить возможность использования дополнительного источника CO₂ – портативных баллонов (от 15 мл до 2 л) с углекислым газом – с целью уменьшения расхода воздуха.

4. Для повышения эффективности абсорбции углекислого газа воздух в культуральной среде должен проходить через мелкодисперсные распылители для увеличения удельной поверхности пузырьков.

Температура. При интенсивном культивировании биомассы важно, чтобы температура среды, в которой находятся микроводоросли, была оптимальной для используемого штамма. Связано это с тем, что температура оказывает значительное действие на процессы роста, растворимость солей и газа, а также баланс pH [8]. Поэтому важно поддерживать ее на необходимом уровне в течение всего времени культивирования.

Известно, что практически все виды светильников производят достаточно большое количество тепла. В процессе эксплуатации системы происходит неизбежный нагрев устройства и, как следствие, нагрев суспензии. С одной стороны, это нежелательное тепло можно использовать в качестве подогрева суспензии при

культивировании в условиях пониженных температур. С другой стороны, величина подводимого тепла становится избыточной, а это может в значительной степени сказаться на эффективности роста биомассы. По этой причине обычно в фотобиореакторах устанавливают систему терморегуляции, проектирование и интегрирование в систему которых является весьма сложным.

Вопрос обеспечения неизменной оптимальной для микроводорослей температуры в портативных системах остается все еще открытым. Важно отметить, что при пониженных температурах (от 10°C), в отличие от высоких температур (более 40°C) клетки не погибают, скорость их роста лишь замедляется. Поэтому, на наш взгляд, возможно ограничиться проектированием таких конструкций портативных фотобиореакторов, у которых предусмотрена система предотвращения перегрева культуры, но не поддержания температуры в узком оптимальном диапазоне. В таком варианте себестоимость фотобиореактора будет минимальной.

Материалы и покрытия. Так как некоторые детали фотобиореактора имеют непосредственный контакт с суспензией важно, чтобы материалы, из которых они изготовлены, а также их покрытия удовлетворяли предъявляемым требованиям. Кроме того, устройство в целом должно быть изготовлено с применением материалов, не представляющих опасность при эксплуатации.

Материалы и покрытия, используемые при изготовлении портативного культиватора должны соответствовать следующим требованиям:

1. Материалы и покрытия деталей, имеющих непосредственный контакт с суспензией микроводорослей, должны быть химически инертны (нерастворимы в щелочной и кислой среде, а также нерастворимы в концентрированных растворах солей).

2. Материалы и покрытия сосуда, содержащего суспензию, должны быть прозрачны для излучения в области ФАР (коэффициент поглощения материала минимален), отражение излучения от источника поверхностью сосуда должно быть минимальным. Потери излучения от источника света в фотобиореакторах происходят не только на поверхности [14], но и при попадании излучения на саму суспензию, что приводит к значительному снижению КПД культиватора. Для решения этой проблемы необходимо использовать материалы и покрытия, которые будут максимально пропускать излучение, чтобы эффективно использовалась его энергия.

3. Материалы и покрытия, контактирующие с суспензией клеток должны характеризоваться минимальной адгезией для снижения вероятности обрастаний поверхности фотобиореактора клетками микроводорослей.

Система контроля. Для обеспечения автономности процесса культивирования микроводорослей необходимо, чтобы устройство имело эффективную систему контроля в режиме реального времени. Также желательно, чтобы датчики были бесконтактные, т.е. не имели непосредственного взаимодействия с суспензией. Таким образом, к их конструктивному исполнению будет предъявляться меньше требований, что положительно скажется на стоимости готового устройства. В зависимости от целей культивирования система может иметь несколько вариантов конструктивного исполнения. Датчики должны обеспечивать пользователя необходимой и достаточной для успешного культивирования информацией.

Основные датчики портативного фотобиореактора:

1. Датчик температуры. Диапазон измерения – 0-50°C;
2. Датчик, измеряющий ослабление светового излучения после прохождения через среду. Диапазон измерения – 1-100%. На основе полученных данных должен осуществляться последующий пересчет на единицы концентрации;
3. Датчик нитратов, если готовая суспензия планируется к потреблению человеком. Диапазон измерения – 1-100 мг/л.
4. Датчик pH среды; диапазон измерения – 2-12.

Точность датчиков должна быть максимальной при минимальной стоимости.

Потребляемая мощность. В настоящее время большая часть бытовой техники, к которой можно отнести и портативные фотобиореакторы, производят соответственно классу с наилучшими показателями энергоэффективности. Связано это с непрерывно возрастающим потреблением электрической энергии среди населения. Так как работа культиватора предполагается непрерывная, то есть идет постоянное питание устройство от сети, то устройство должно эффективно экономить энергию. Класс энергопотребления портативного фотобиореактора должен соответствовать А, А+ или А++. Остальные классы энергопотребления не допускаются.

Маркетинг. С экономической точки зрения создание подобной портативной установки будет оправдано только при условии спроса на подобный товар на рынке. Микроводоросли активно используются для подкормки сельскохозяйственных животных, как удобрение для растений, а также имеют весьма высокий потенциал в качестве ценного продукта функционального питания для людей [2].

Рынок портативных культиваторов, для работы с которыми не требуется специализированной квалификации, развит слабо. Связано это со сложностями создания подобных установок и их относительной дороговизной. Для того чтобы разработать такой культиватор, который мог бы быть коммерциализирован, он должен соответствовать следующим требованиям:

1. Компактность, портативность устройства. Благодаря небольшим размерам и эргономичности культиватор может быть использован в разных условиях и помещениях.
2. Приятный внешний вид устройства, интегрирующийся с окружающей обстановкой.

3. Отсутствие необходимости иметь специальную квалификацию для работы с устройством. Контроль оператора за процессом роста биомассы минимален, система работает в автономном режиме и производит контроль параметров в режиме реального времени.

4. КПД устройства должен быть максимален.

5. Устройство не должно включать в себя уникальные компоненты (детали, материалы). Все составные части должны быть в доступности для потребителя.

На данный момент в мире представлены некоторые варианты портативных устройств для выращивания микроводорослей. В большинстве своем они представляют пилотные проекты и находятся еще на этапе развития, поэтому не все из них поступили в продажу. Рассмотрим наиболее интересные коммерческие культиваторы.

BLOOM. Культиватор BLOOM разработан французской фирмой Alg&You. Проект находится на стадии предзаказа и доступен пока что только во Франции. Культиватор предназначен для выращивания биомассы микроводоросли хлорелла в домашних условиях.

Достоинствами этого устройства являются возможность выращивания нескольких видов микроводорослей, небольшие размеры и простота конструкции. Недостатками являются неэффективное использование освещения, отсутствие информации о состоянии биомассы. В качестве источника освещения используется светодиодная лента белого света, которая содержит в своем спектре длины волн, не эффективные для фотосинтетических процессов. Кроме того, оптический слой сосуда с суспензией слишком велика, поэтому в нем образуются зоны с чрезмерной и недостаточной освещенностью. Также пользователю не доступна информация о состоянии биомассы микроводоросли, что может привести к неверному толкованию результатов. Эти недостатки значительно снижают эффективность культиватора.

Spirugrow. Культиватор Spirugrow разработан итальянской компанией Bentur Srl. Аппарат доступен для заказа в некоторых странах мира. Культиватор предназначен для получения биомассы микроводоросли спирулина в домашних условиях.

Преимуществами этого культиватора является полная автоматизация системы, вывод необходимой пользователю информации на экран и система фильтрации биомассы. Из недостатков стоит отметить большие габариты, малую производительность и дороговизну. В качестве источника освещения также используются светодиоды белого света, что является нерациональным решением.





ELARA st. Культиватор ELARA st является разработкой итальянской компании SOLARIS BIOTECHNOLOGY. Устройство доступно для заказа в любой стране мира. Культиватор предназначен для выращивания водорослей, фототрофных бактерий и растительных клеток. Основными областями применения являются учебно-исследовательские работы, направленные на изучение повышения и понижения производительности культивирования и оптимизации процессов.

Представленный фотобиореактор имеет полностью автоматизированную систему управления, которая может быть легко скорректирована оператором удаленно с помощью специального программного обеспечения. В качестве источника излучения используются светодиодные панели (красный, синий, белый), спектр излучения которого и мощность могут изменяться. Система датчиков обеспечивает оператора всеми необходимыми при культивировании данными. Недостатками описанного устройства являются высокая стоимость установки и излишне большой функционал. Для культивирования биомассы микроводорослей неквалифицированным персоналом (фермер, школьник, садовод) вне лабораторий многие возможности установки являются избыточными.

UTEX ptorobioreactor. Фотобиореактор представляет из себя разработку Техасского университета США. Аппарат доступен для заказа в любой стране мира. Культиватор предназначен для учебно-исследовательских работ по изучению ускорения роста и повышения производительности культивирования биомассы.

В отличие от описанных выше устройств, данный культиватор представляет собой разборную конструкцию, детали которой могут приобретаться по отдельности. Недостатками такого культиватора являются полное отсутствие встроенных в систему датчиков, минимальные исходные функциональные возможности, необходимость приобретать и самостоятельно устанавливать вспомогательные элементы. Преимуществами такого аппарата является возможность изменять устройство, подстраивая его под нужды конкретного потребителя. Оператор будет получать только необходимую в этом случае информацию. Также источник излучения, выполненный в виде платформы со светодиодными RGB панелями, позволяет изменять спектральный состав и мощность излучения.

Таблица 1. Примеры коммерческих культиваторов

Название	BLOOM	Spirugrow
Габариты, мм	177x332x235	430x430x360
Производительность, г/сут	5-10	20
Вид микроводоросли	Хлорелла, Спирулина	Спирулина
Цена, тыс. руб.	20	64
Страна	Франция	Италия
Внешний вид		
Название	ELARA st	UTEX photobioreactor
Габариты, мм	655x225x225	260x200x200
Производительность, г/сут	Регулируемая	Регулируемая
Вид микроводоросли	Любой	Любой
Цена, тыс. руб.	100	30
Страна	Италия	США
Внешний вид		

Вывод. На сегодняшний день не существует системы культивирования микроводорослей, которая бы удовлетворяла всем перечисленным требованиям. Важно отметить то, что не существует единой модели распределения освещения внутри фотобиореактора, содержащего в себе суспензию микроводоросли. По этой причине весьма сложно провести количественную оценку эффективности использования источников облучения в культиваторе произвольной формы.

Создание портативного автоматизированного фотобиореактора – актуальная проблема, стоящая перед исследователями. Необходимо создать такую систему, которая бы объединяла в себе достоинства существующих аналогов и учитывала их недостатки. Разработка подобного автоматизированного портативного фотобиореактора сможет стать следующим шагом к решению проблемы масштабирования систем для культивирования микроводорослей. Благодаря этой технологии можно будет добиться упрощения процесса выращивания биомассы и сделать производство дешевым и доступным населению.

Работа выполнена в рамках госзадания ФИЦ ИнБЮМ по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса» (№ госрегистрации АААА-А18-118021350003-6), при финансовой поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы «УМНИК-18 (а)» (№ договора 13839ГУ/2018).

Список литературы / References:

1. Pulz O., Gross W. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Applied microbiology and biotechnology*, 2004, vol. 65, no. 6, pp. 635-648. DOI: 10.1007/s00253-004-1647-x.
2. Kim S.-K., Chojnacka K. ed. *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications*. 2 Volume Set. John Wiley & Sons, 2015, 707 p.
3. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А., Ерохин И.В. Накопительное культивирование микроводоросли хлорелла в закрытом фотобиореакторе. *Наука в Центральной России*, 2015, вып. 2 (14), с. 92-100. [Meshcheryakova Y.V., Nagornov S.A., Erokhin I.V. The cumulative chlorella microalgae cultivation in a closed photobioreactor. *Science in central Russia*, 2015, vol. 14, no. 2, pp. 92-100. (In Russ.)]
4. Алексеев М.А., Арьянова Э.Д., Иванова С.С. Установка для культивирования микроводоросли хлореллы. *Архитекторы будущего: сб. статей*, 2014, с. 377-381 [Alexeev M.A., Aryanova E.D., Ivanova S.S. Device for microalgae Chlorella cultivation. *Architects of the future*, 2014, pp. 377-381. (In Russ.)]
5. Binnal P., Babu N. Statistical optimization of parameters affecting lipid productivity of microalga *Chlorella protothecoides* cultivated in photobioreactor under nitrogen starvation. *South African Journal of Chemical Engineering*, 2017, vol. 23, pp. 26-37. DOI: 10.1016/j.sajce.2017.01.001.
6. León-Saikia G.M., Marta T.C., van der Veena D., Wijffels R.H., Martens D.E. The impact of day length on cell division and efficiency of light use in a starchless mutant of *Tetradismus obliquus*. *Algal Research*, 2018, vol. 31, pp. 387-394. DOI: 10.1016/j.algal.2018.02.027.
7. Edmundson S.J., Huesemann M.H. The dark side of algae cultivation: Characterizing night biomass loss in three photosynthetic algae, *Chlorella sorokiniana*, *Nannochloropsis salina* and *Picochlorum sp.* *Algal Research*, 2015, vol. 12, pp. 470-476. DOI: 10.1016/j.algal.2015.10.012.
8. Huang Q., Jiang F., Wang L., Yang C. Design of Photobioreactors for Mass Cultivation of Photosynthetic Organisms. *Engineering*, 2017, vol. 3, pp. 318-329. DOI: 10.1016/J.ENG.2017.03.020.
9. Романенко С.А., Шакиров Е.М., Туранов С.Б. Подходы к созданию культиватора микроводорослей для домашнего использования. *GraphiCon 2018: сб. статей*, 2018, с. 458-459. [Romanenko S.A., Shakirov E.M., Turanov S.B. The concepts of creating a microalgae cultivator for domestic use. *GraphiCon*, 2018, pp. 458-459. (In Russ.)]
10. Геворгиз Р.Г., Малахов А.С. *Пересчёт величины освещённости фотобиореактора в величину облучённости*. Севастополь: Колорит, 2018, 60 с. [Gevorgiz R.G., Malakhov A.S. *Conversion of the illumination quantity of photobioreactor into the irradiance quantity: educational methodology manual*. Sevastopol: Kolorit, 2018, 60 p. (In Russ.)]
11. Владимиров М.Г., Семенов В.Е. *Интенсивная культура одноклеточных водорослей*. М: Акад. наук СССР, 1962, 59 с. [Vladimirova M.G., Semenenko V.E. *Intensive culture of unicellular algae*. М: Akad. SSSR, 1962, 59 p. (In Russ.)]
12. Геворгиз Р.Г., Шматок М.Г., Лелеков А.С. Расчет КПД фотобiosинтеза у низших фототрофов. 1. Непрерывная культура. *Экология моря*, 2005, вып. 70, с. 31-36. [Gevorgiz R.G., Shmatok M.G., Lelekov A.S. Calculation coefficient of efficiency photobiosynthesis at lower phototroths. 1. Continuous culture. *Marine ecology*, 2005, vol. 70, pp. 31-36. (In Russ.)]
13. Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. *Современные методы выделения и культивирования водорослей. Учебное пособие*. Уфа: Изд-во БГПУ, 2008, 152 с. [Gaisina L.A., Fazlutdinova A.I., Kabirov R.R. *Modern methods of algae development and cultivation. Educational guidance*. Ufa: Izd-vo BGPU, 2008, 152 p. (In Russ.)]
14. Ahsan S.S., Pereyra B., Jung E.E., Erickson D. Engineered surface scatterers in edge-lit slab waveguides to improve light delivery in algae cultivation. *Opt. Express*, 2014, vol. 6, no. 21, pp. 1526-37. DOI: 10.1364/OE.22.0A1526.

CONSTRUCTION FEATURES FOR PORTABLE MICROALGAE CULTIVATORS**Romanenko S.A.¹, Gevorgiz R.G.²**¹ National Research Tomsk Polytechnic University

Lenina ave., 30, Tomsk, 634050, Russia; e-mail: sofia.romanenko98@gmail.com

² A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS

Nakhimov Av., 2, Sevastopol, 299011, Russia

Abstract. The problem of fully-automated portable photobioreactor for microalgae biomass cultivation creating was reviewed. The creation of a small-scale cultivators, which can be used without special qualification, is currently important, due to the growth of interest to microalgae biomass among the population. The most basic requirements to the construction of a device were specified, biological and technical concepts of system creation were discussed. Existed portable photobioreactors were described, their main parameters, advantages and disadvantages were reviewed.

Key words: microalgae, photobioreactor, cultivator, *Chlorella*, *Spirulina*.