

R U 2 7 6 6 0 1 2 C 2



(19) RU (11) 2 766 012<sup>(13)</sup> C2

(51) МПК  
*B01F 3/04* (2006.01)  
*C12M 1/02* (2006.01)  
*C12M 1/04* (2006.01)  
*C12M 1/36* (2006.01)  
*C12N 1/12* (2006.01)  
*C12Q 3/00* (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

*B01F 3/04106* (2021.08); *B01F 3/04985* (2021.08); *C12M 1/02* (2021.08); *C12M 1/04* (2021.08); *C12M 1/36* (2021.08); *C12N 1/12* (2021.08); *C12Q 3/00* (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2019129562, 20.02.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.02.2018

Дата регистрации:  
07.02.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
23.02.2017 US 62/462,372

(43) Дата публикации заявки: 23.03.2021 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 07.02.2022 Бюл. № 4

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 23.09.2019

(86) Заявка РСТ:  
IL 2018/050187 (20.02.2018)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2018/154565 (30.08.2018)

Адрес для переписки:  
197101, Санкт-Петербург, а/я 981, "АРС-  
ПАТЕНТ"

(72) Автор(ы):

БАШАН, Охад (IL),  
БАШАН, Одед (IL),  
ДРАММИ, Стивен (US)

(73) Патентообладатель(и):  
ЭЛГЕННОВЕЙШЕН ЛТД. (IL)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 2010/0162621 A1, 01.07.2010. US  
2015/0210970 A1, 30.07.2015. US 2012/0107792  
A1, 03.05.2012. US 2016/0289620 A1, 06.10.2016.  
RU 2165973 C2, 27.04.2001. RU 2148635 C1,  
10.05.2000.

## (54) СИСТЕМА И СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ ВОДОРОСЛЕЙ

(57) Реферат:

Система культивирования водорослей включает множество панелей, размещенных внутри контейнера для культивирования и позиционированных вдоль первой оси, перпендикулярно направлению силы тяжести, причем между каждой парой панелей создан объем культивирования, причем объемы культивирования сопряжены между собой по текучей среде для обеспечения возможности горизонтального потока между ними вдоль первой оси; по меньшей мере один первый барботер для распределения первой текучей

среды в контейнере при первой рабочей скорости потока; по меньшей мере один второй барботер для распределения второй текучей среды в контейнере при второй рабочей скорости потока, а также по меньшей мере один контроллер для управления первой и второй рабочими скоростями потока. Первая рабочая скорость потока выбрана так, чтобы обеспечить возможность турбулентного перемешивания водорослей в контейнере для культивирования, а вторая рабочая скорость потока выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования

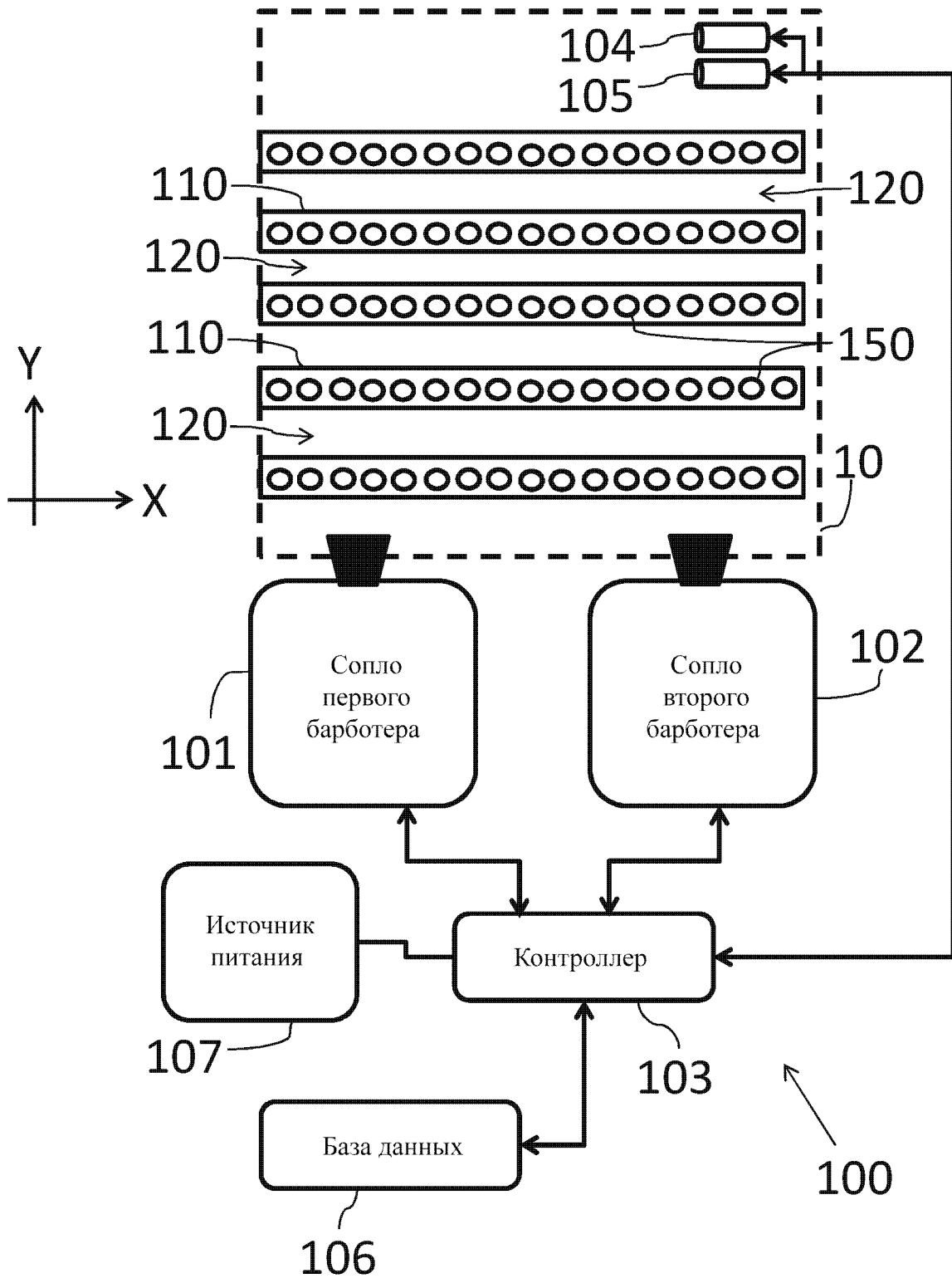
R U 2 7 6 6 0 1 2 C 2

РУ 2766012 С2

РУ 2766012 С2

материалов в жидкости, находящейся в контейнере для культивирования. Группа

изобретений обеспечивает усиление роста водорослей. 3 н. и 13 з.п. ф-лы, 3 ил.



ФИГ. 1А

R U 2 7 6 6 0 1 2 C 2

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) RU (11)

2 766 012<sup>(13)</sup> C2

(51) Int. Cl.  
*B01F 3/04* (2006.01)  
*C12M 1/02* (2006.01)  
*C12M 1/04* (2006.01)  
*C12M 1/36* (2006.01)  
*C12N 1/12* (2006.01)  
*C12Q 3/00* (2006.01)

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC

*B01F 3/04106* (2021.08); *B01F 3/04985* (2021.08); *C12M 1/02* (2021.08); *C12M 1/04* (2021.08); *C12M 1/36* (2021.08); *C12N 1/12* (2021.08); *C12Q 3/00* (2021.08)

(21)(22) Application: 2019129562, 20.02.2018

(24) Effective date for property rights:  
20.02.2018

Registration date:  
07.02.2022

Priority:

(30) Convention priority:  
23.02.2017 US 62/462,372

(43) Application published: 23.03.2021 Bull. № 9

(45) Date of publication: 07.02.2022 Bull. № 4

(85) Commencement of national phase: 23.09.2019

(86) PCT application:  
IL 2018/050187 (20.02.2018)

(87) PCT publication:  
WO 2018/154565 (30.08.2018)

Mail address:  
197101, Sankt-Peterburg, a/ya 981, "ARS-  
PATENT"

(72) Inventor(s):

BASHAN, Ohad (IL),  
BASHAN, Oded (IL),  
DRUMMEY, Stephen (US)

(73) Proprietor(s):

ALGAENNOVATION LTD. (IL)

## (54) SYSTEM AND METHOD FOR GROWING ALGAE

(57) Abstract:

FIELD: biology.

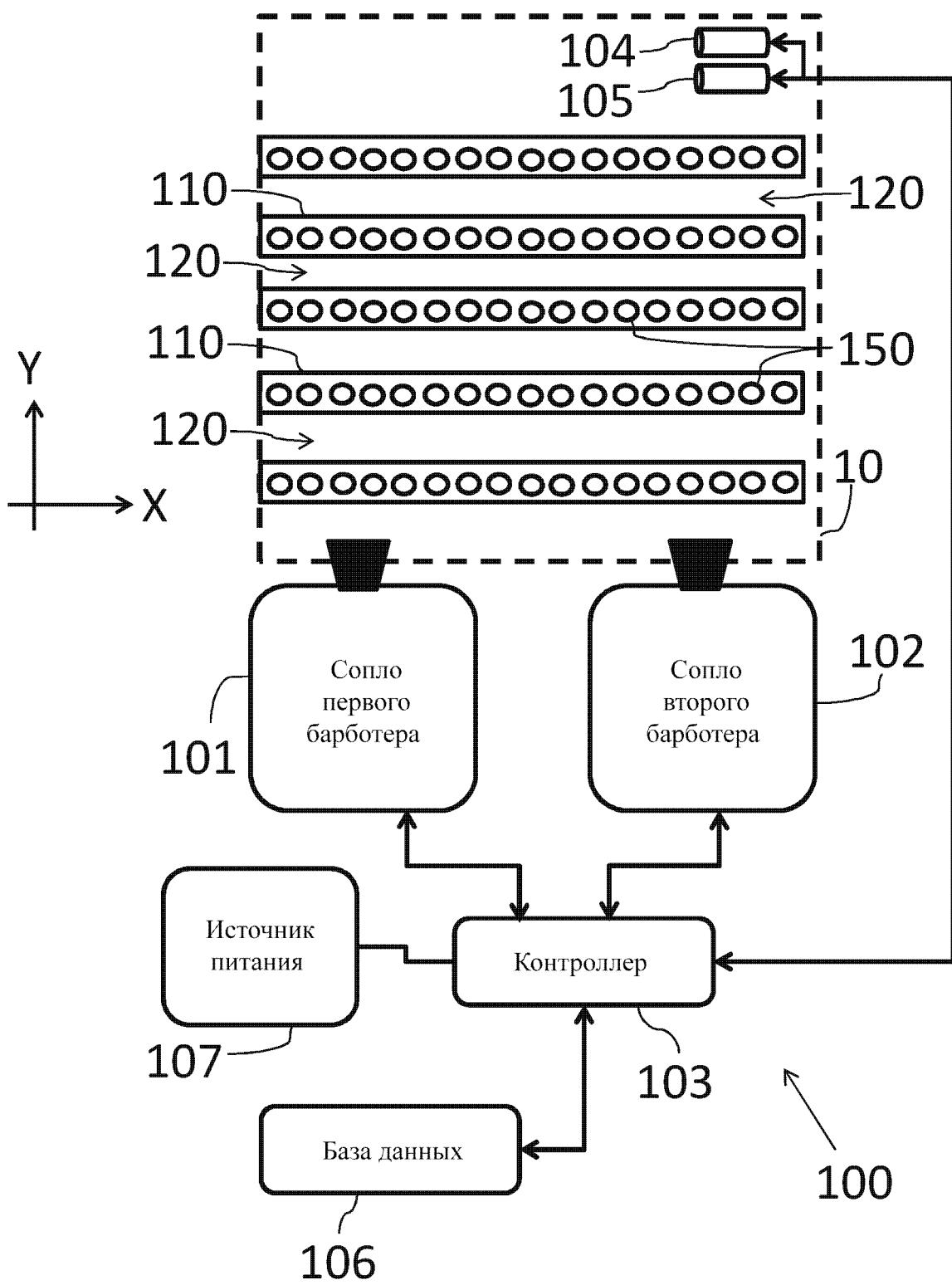
SUBSTANCE: algae cultivation system includes a set of panels placed inside a cultivation container and positioned along the first axis perpendicular to the direction of gravity, wherein a cultivation volume is created between each pair of panels, wherein cultivation volumes are interconnected via fluid to allow horizontal flow between them along the first axis; at least one first bubbler for distributing the first fluid in the container at the first working flow rate; at least one second bubbler for distributing the second fluid in the container

at the second operating flow rate, as well as at least one controller for controlling the first and the second operating flow rates. The first working flow rate is selected so that to allow turbulent mixing of algae in the cultivation container, and the second working flow rate is selected so that to allow assimilation of materials in liquid contained in the cultivation container.

EFFECT: group of inventions provides enhanced algae growth.

16 cl, 3 dwg

R U 2766012 C 2



ФИГ. 1A

R U 2766012 C 2

Область техники, к которой относится изобретение

[001] Изобретение относится в широком смысле к выращиванию водорослей. Более конкретно, изобретение относится к системам и способам усиления роста водорослей.

Уровень техники

[002] В последние годы культивирование водорослей в искусственных условиях с применением биореакторов (например барботажных колонок) получает все более широкое распространение, например, для производства биомассы. Для обеспечения оптимальных условий и ускоренного роста к водорослям (или микроводорослям) подаются пузырьки воздуха, обогащенные CO<sub>2</sub>, и освещение (либо искусственное освещение, либо солнечный свет). Примерно 50% биомассы водорослей составляет углерод, полученный путем фотосинтетической фиксации CO<sub>2</sub>, причем диоксид углерода требуется растворить в культуре, находящейся в жидкой фазе. В фототропных системах культивирования водорослей основные входные факторы роста (или макронутриенты) - это свет, CO<sub>2</sub>, нутриенты (такие как азот, фосфор и т.д.) и вода при их турбулентном перемешивании, чтобы распределить эти ресурсы по индивидуальным клеткам культивируемых водорослей.

[003] Кроме того, для достижения высокой концентрации водорослей в биореакторах требуется перемешивание. Эффективное перемешивание может повысить световую экспозицию клеток путем снижения степени взаимного затенения соседних клеток и минимизации фотоингибиции. Эффективное перемешивание может приводить клетки в непосредственную близость к освещенной поверхности, чтобы обеспечить получение ими фотонов, а затем отводить их от нее, чтобы дать насыщенным фотонами клеткам возможность поглотить эту световую энергию для фотосинтеза до того, как клетки снова будут экспонированы светом. Поскольку ультравысокие концентрации клеток требуют применения мощных источников света, неадекватное перемешивание может в некоторых клетках привести к переэкспонированию большими дозами фотонов, а в других - к сильному повреждению клеток вследствие фотоингибиции. В фотобиореакторах, чтобы обеспечить требуемое перемешивание, широко применяется барботирование газа (главным образом, воздуха или азота, обогащенного CO<sub>2</sub>).

Восходящим движением пузырьков создается перемешивание, тангенциальное к направлению потока.

[004] Микроводоросли могут выращиваться под воздействием света в системах многих типов, включая фотобиореакторы в виде плоских панелей, обеспечивающие эффективное улавливание и использование света, а также высокое значение отношения площади поверхности к объему. Для выращивания водорослей могут использоваться источники света (видимого излучения), генерирующие свет любого типа с длинами волн в интервале примерно 400-700 нм. Генерировать свет с конкретными длинами волн, например в видимом спектральном интервале (в частности синий и/или красный свет), способны светодиоды (СД).

[005] Для многих разновидностей водорослей температура культуры непосредственно влияет как на скорость роста, так и на состав биомассы. Например, в системах в виде плоских панелей, используемых на открытом воздухе, имеют место существенные колебания температуры между ночью (вследствие темноты) и днем (вследствие тепла, поступающего от солнечного света), причем эти колебания усугубляются в случае маленьких объемов систем, используемых для выращивания водорослей, и больших экспозиций светом в данных системах.

[006] Некоторые плоские тонкопленочные фотобиореакторные системы состоят из

модульных блоков, позиционированных отдельно друг от друга и имеющих ограниченный объем, приходящийся на одну панель (или биореактор). Между такими панелями не существует горизонтального потока, а поток проходит вертикально, что позволяет пузырькам подниматься вверх до какого-то конечного уровня, находящегося

5 вне резервуара. Поэтому крупномасштабные установки, которые содержат много таких рабочих блоков, создают существенные финансовые, производственные и технологические проблемы, связанные с очень большим количеством точек сбора данных и контроля параметров (например pH, температуры, уровня нутриентов, портов для сбора продукции и т.д.). Кроме того, в крупномасштабных установках, состоящих  
10 из множества различных отдельных блоков, внутри каждой панели (или каждого биореактора) неминуемо образуются небольшие различия в химических условиях и условиях, связанных с окружающей средой, а также, в конечном счете, в биологических процессах. Поэтому каждая такая панель должна обслуживаться автономно, причем панели могут отличаться друг от друга по производительности.

15 [007] Далее, некоторые тонкопленочные системы культивирования водорослей по сравнению со своими аналогами, использующими более толстую пленку, имеют гораздо меньшую термическую массу. Поэтому в таком варианте под воздействием искусственных или естественных источников света температура культуральной среды может достигать весьма высоких уровней. Такие высокие температуры могут оказаться  
20 контрпродуктивными для оптимизации состава и скорости роста и/или даже губительными по отношению к водорослевой культуре.

#### Раскрытие изобретения

[008] Некоторые аспекты изобретения могут быть направлены на систему культивирования водорослей. Данная система может содержать множество панелей,  
25 которые размещены внутри контейнера для культивирования и позиционированы вдоль первой оси, перпендикулярной направлению силы тяжести, причем между каждой парой панелей создан объем культивирования, причем объемы культивирования сопряжены по текучей среде, что позволяет обеспечить горизонтальный поток между ними вдоль первой оси. Кроме того, система может содержать по меньшей мере один первый  
30 барботер для распределения первой текучей среды в контейнере при первой рабочей скорости потока и по меньшей мере один второй барботер для распределения второй текучей среды в контейнере при второй рабочей скорости потока, а также по меньшей мере один контроллер для управления первой и второй рабочими скоростями потока. В некоторых вариантах указанный по меньшей мере один контроллер предназначен  
35 также для управления потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами культивирования. В некоторых вариантах первая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность турбулентного перемешивания водорослей в указанном контейнере, а вторая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости, находящейся  
40 в указанном контейнере. Согласно некоторым вариантам панели могут быть прозрачными.

[009] В вариантах изобретения система может дополнительно содержать по меньшей мере один датчик для измерения по меньшей мере одного параметра внутри указанного контейнера, причем контроллер может быть дополнительно выполнен с возможностью  
45 управления первой и второй рабочими скоростями потока на основе измерений, полученных от указанного по меньшей мере одного датчика. В некоторых вариантах измеряемый параметр выбирается из группы, в которую входят плотность водорослей, температура, pH, интенсивность освещения и давление внутри контейнера.

[010] Согласно некоторым вариантам система может дополнительно содержать датчик температуры, а также температурный модуль, который может быть выполнен с возможностью регулирования температуры текучих сред внутри контейнера для культивирования на основе измерений температуры, полученных от указанного датчика.

5 [011] Некоторые аспекты изобретения могут быть направлены на систему культивирования водорослей, которая может содержать: множество панелей, которые размещены внутри контейнера для культивирования и позиционированы вдоль первой оси, перпендикулярной направлению силы тяжести, причем между каждой парой панелей создан объем культивирования, причем объемы культивирования сопряжены между 10 собой по текучей среде для обеспечения возможности горизонтального потока вдоль первой оси. Кроме того, система может содержать по меньшей мере один первый барботер, предназначенный для распределения первой текучей среды в контейнере, по меньшей мере один осветительный модуль для каждой панели, предназначенный для освещения смежных с ней объемов культивирования, а также по меньшей мере один 15 контроллер, предназначенный для управления скоростью потока первой текучей среды и потоком текучей среды по меньшей мере между двумя панелями. В некоторых вариантах скорость потока первой текучей среды можно выбрать такой, чтобы в контейнере для культивирования обеспечивалась возможность турбулентного перемешивания водорослей, а контроллер может быть выполнен с возможностью 20 управления указанным по меньшей мере одним осветительным модулем.

[012] Согласно некоторым вариантам система может дополнительно содержать по меньшей мере два осветительных модуля по меньшей мере для одной панели. По меньшей мере один осветительный модуль выполнен с возможностью управления таким образом, чтобы обеспечивать освещение с интенсивностью, отличной от обеспечивающей 25 другим осветительным модулем. Согласно некоторым вариантам система может дополнительно содержать по меньшей мере один датчик для измерения по меньшей мере одного параметра внутри контейнера, причем контроллер может быть дополнительно выполнен с возможностью управления, на основе измерений, полученных от указанного по меньшей мере одного датчика, скоростью потока первой текучей 30 среды и потоком текучей среды по меньшей мере между двумя панелями.

[013] В некоторых вариантах система может дополнительно содержать датчик температуры и температурный модуль, выполненный с возможностью регулировать, на основе измерений температуры, полученных от указанного датчика, температуру текучих сред внутри контейнера для культивирования.

35 [014] В некоторых вариантах система может дополнительно содержать по меньшей мере два осветительных модуля для по меньшей мере одной панели, причем по меньшей мере один из модулей выполнен с возможностью управления таким образом, чтобы обеспечивать освещение на длине волны, отличной от длины волны другого модуля. Согласно некоторым вариантам система может дополнительно содержать по меньшей 40 мере один второй барботер, выполненный с возможностью управления им с помощью по меньшей мере одного контроллера для распределения, на основе по меньшей мере одного измеренного параметра, второй текучей среды в контейнере при второй рабочей скорости потока, причем вторая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости, находящейся 45 в контейнере для культивирования.

[015] В некоторых вариантах каждая панель снабжена по меньшей мере одним датчиком, измеряющим по меньшей мере один параметр внутри смежного с ней объема культивирования.

[016] Некоторые дополнительные аспекты изобретения могут быть направлены на способ выращивания водорослей в контейнере для культивирования. Данный способ может включать: управление по меньшей мере одним первым барботером для обеспечения распределения первой текучей среды в контейнере при первой рабочей 5 скорости потока; управление по меньшей мере одним вторым барботером для обеспечения распределения второй текучей среды в контейнере при второй рабочей скорости потока и управление потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами культивирования, образованными между парами панелей, позиционированных внутри контейнера для культивирования вдоль оси, перпендикулярной направлению 10 силы тяжести. В некоторых вариантах первая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность перемешивания водорослей в указанном контейнере, а вторая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости, находящейся в указанном контейнере.

15 [017] Варианты изобретения могут включать измерение температуры внутри контейнера посредством по меньшей мере одного датчика, так что управление потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами культивирования осуществляют на основе измеренной температуры. Некоторые варианты могут включать управление температурным модулем. Варианты изобретения могут включать освещение каждого 20 объема культивирования посредством по меньшей мере одного осветительного модуля.

#### Краткое описание чертежей

[018] Объект предлагаемого изобретения конкретно описан и четко сформулирован в заключительной части описания. Вместе с тем, изобретение, как в отношении его структуры, так и способа функционирования, совместно с решаемыми им задачами, 25 признаками и преимуществами, станет наиболее понятным из нижеследующего подробного описания при его рассмотрении с прилагаемыми чертежами, где:

[019] на фиг. 1А представлена блок-схема системы культивирования водорослей согласно некоторым вариантам изобретения;

30 [020] на фиг. 1В схематично проиллюстрирован температурный модуль, используемый в системе культивирования водорослей согласно некоторым вариантам изобретения, а

[021] на фиг. 2 представлена блок-схема способа выращивания водорослей в контейнере для культивирования, реализуемого согласно некоторым вариантам изобретения.

35 [022] Должно быть понятно, что для простоты и ясности иллюстраций элементы, показанные на чертежах, необязательно воспроизведены с сохранением масштаба. Например, для ясности размеры некоторых элементов могут быть преувеличены относительно других элементов. Кроме того, когда это представляется удобным, цифровые обозначения могут повторяться на различных чертежах, чтобы обозначить 40 идентичные или аналогичные элементы.

#### Осуществление изобретения

[023] В нижеследующем подробном описании, чтобы обеспечить полное понимание изобретения, приводятся многочисленные конкретные детали. Однако специалистам в соответствующей области должно быть понятно, что изобретение может быть 45 реализовано и без этих конкретных деталей. В других случаях хорошо известные способы, процедуры и компоненты не описываются подробно, чтобы не осложнить понимание изобретения.

[024] На фиг. 1А представлена схематичная блок-схема системы 100 культивирования

водорослей, выполненная согласно некоторым вариантам изобретения. Следует отметить, что направление стрелок на фиг. 1А может указывать направление информационного потока. Система 100 может содержать по меньшей мере две панели 110, которые размещены внутри контейнера 10 для культивирования, заполненного

5 водой. В частности, предусмотрена возможность позиционировать панели 110 вдоль первой оси, обозначенной, как X, и перпендикулярной направлению силы тяжести, и вдоль второй оси, обозначенной как Y. В некоторых вариантах между каждой парой панелей 110 может быть сформирован объем 120 культивирования, причем, если объемы 120 могут сообщаться по текучей среде, это позволяет создать между ними

10 горизонтальный поток вдоль первой оси X. Например, каждая панель 110 может иметь канал, позволяющий текучей среде, содержащей выращиваемую культуру (в том числе водорослевую), перетекать между смежными объемами 120 культивирования.

[025] Следует отметить, что такое горизонтальное (рециркулирующее) перетекание водорослевой культуры внутри многочисленных взаимосвязанных панелей 110 и/или 15 объемов 120 культивирования позволяет в результате сформировать внутри контейнера 10 для культивирования единый большой объем, образованный сопряженными между собой блоками культивирования (например объем 120 культивирования между двумя панелями 110). Имея такой единый большой объем, можно обойтись без 20 крупномасштабного обслуживания отдельных блоков культивирования, а также повысить биологическую продуктивность и однородность условий внутри контейнера 10. В некоторых вариантах панели 110 могут состоять из прозрачного материала, что позволяет свету проходить сквозь них, чтобы освещать смежные с ними объемы 120 культивирования.

[026] Согласно некоторым вариантам система 100 культивирования может содержать 25 по меньшей мере один первый барботер 101 с множеством сопел, служащих для распределения первой заданной текучей среды (например пузырьков воздуха) в контейнере 10 для культивирования водорослей (например в биореакторе с плоскими тонкими пленками) при первой рабочей скорости потока, чтобы обеспечить возможность перемешивания внутри контейнера. Система 100 культивирования может также 30 содержать по меньшей мере один второй барботер 102 с множеством сопел, служащих для распределения второй заданной текучей среды (например содержащей пузырьки газа с CO<sub>2</sub> и/или растворенным фосфором для массопереноса) в контейнере 10 при второй рабочей скорости потока.

[027] В некоторых вариантах система 100 культивирования может содержать по 35 меньшей мере один контроллер 103 для управления первой и второй рабочими скоростями потока. Такое управление можно обеспечить, подавая текущие среды (например газы) на первый и второй барботеры соответственно под первым давлением и вторым давлением. Первая подающая линия способна подавать первую текущую среду (например воздух) под первым давлением, а контроллер 103 может управлять 40 компрессором, чтобы изменять давление подаваемой первой среды. Вторая подающая линия может подавать вторую текущую среду (например CO<sub>2</sub>) под вторым давлением, а контроллер 103 может управлять компрессором, чтобы изменять давление подаваемой второй среды. В дополнение к этому или в порядке альтернативы, первая и/или вторая подающие линии могут содержать управляемый клапан (например в виде заслонки, 45 крана или другого подобного средства), выполненный с возможностью изменять пропускную способность для текущей среды, поступающей в каждый барботер. Контроллер 103 может управлять пропускной способностью для первой и/или второй текущих сред, регулируя первый и/или второй управляемые клапаны.

[028] Согласно некоторым вариантам по меньшей мере одно сопло первого барботера 101 и второго барботера 102 может распределять текучую среду в контейнере 10 для культивирования в соответствии с требованиями, поступающими по меньшей мере от одного контроллера 103, как это будет описано далее. В некоторых вариантах первая рабочая скорость потока может быть основана на второй рабочей скорости потока. В некоторых вариантах по меньшей мере одна из первой и второй рабочих скоростей потока является заданной. В некоторых вариантах указанный по меньшей мере один контроллер 103 способен также регулировать поток текучей среды по меньшей мере между двумя объемами 120 культивирования.

[029] В некоторых вариантах первая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечить возможность турбулентного перемешивания водорослей в контейнере 10 для культивирования. В некоторых вариантах вторая рабочая скорость потока может быть выбрана так, чтобы обеспечивать массоперенос и/или ассимилирование материалов в жидкости, находящейся в указанном контейнере 10.

Согласно некоторым вариантам первая рабочая скорость потока выше, чем вторая. В некоторых вариантах первая рабочая скорость потока, обеспечиваемая по меньшей мере одним соплом первого барботера 101 (например равной 100 мм/мин), может отличаться от второй рабочей скорости потока, обеспечиваемой по меньшей мере одним соплом второго барботера 102 (например равной 5 мм/мин).

[030] В некоторых вариантах изобретения вторая заданная текучая среда может содержать пузырьки газа с концентрацией CO<sub>2</sub> выше 30%. Согласно некоторым вариантам источник по меньшей мере одной из первой и второй заданных текучих сред может быть внешним по отношению к системе 100 культивирования. Например, источник растворенных углерода и/или серы для второй заданной текучей среды может 25 обеспечиваться геотермальными электростанциями.

[031] В некоторых вариантах система 100 культивирования может дополнительно содержать по меньшей мере один из датчиков 104 и 105 (например датчик 104 температуры), подключенный к контроллеру 103 и выполненный с возможностью детектирования по меньшей мере одного параметра внутри контейнера 10 для культивирования. Например, по меньшей мере один датчик 105 может детектировать в контейнере 10 по меньшей мере один из следующих параметров: плотность водорослей, уровни pH, температура, интенсивность освещения и давление. В некоторых вариантах по меньшей мере один датчик (104 или 105) может также детектировать параметры, внешние по отношению к контейнеру 10 для культивирования, например измерять 30 массоперенос газов, выделяемых из контейнера 10, чтобы определить количество вещества, поглощенное клетками водорослей, путем вычитания количества выделившегося вещества из количества вещества, введенного в контейнер (например, вторым барботером 102). В некоторых вариантах по меньшей мере один второй барботер 102 может распределять вторую текучую среду в контейнере при второй 35 рабочей скорости потока в соответствии по меньшей мере с одним параметром, измеренным по меньшей мере одним из указанных датчиков 104 и 105. Согласно некоторым вариантам предусмотрена возможность разместить внутри контейнера 10 для культивирования более одного датчика. Например, датчик 104 температуры можно установить на выходе 131, проиллюстрированном на фиг. 1В, а pH-датчик 105 - в каком-либо другом месте контейнера 10.

[032] Фиг. 1В иллюстрирует температурный модуль, используемый в системе культивирования согласно некоторым вариантам изобретения. Конкретно, в некоторых вариантах система 100 культивирования может дополнительно содержать по меньшей

мере один температурный модуль 138, выполненный с возможностью регулировать температуру текущих сред внутри контейнера 10 для культивирования, в частности, в соответствии с данными, поступившими от по меньшей мере одного датчика 104 температуры. В некоторых вариантах в конструкцию циркуляционной системы может 5 входить циркуляционная труба 134, обеспечивающая циркуляцию текущей среды, содержащей культуру (например воды с водорослевой культурой), от выхода 131 (расположенного, например, в верхней зоне контейнера 10) в направлении входа 139 (расположенного, например, у дна контейнера 10). Циркуляцию текущей среды, содержащей культуру, через по меньшей мере один температурный модуль 138 можно 10 обеспечить, используя насос 136. Данный по меньшей мере один температурный модуль 138 может быть любым блоком, способным подавать тепло в текущую среду, содержащую культуру, и экстрагировать тепло из нее. В частности, данный по меньшей мере один температурный модуль 138 может содержать по меньшей мере одно из 15 следующих средств: теплообменник, нагреватель, трубу с охлаждающей водой, резервуар, содержащий охлаждающую/нагревающую среду и т.д. В некоторых вариантах циркуляция текущей среды, содержащей культуру, через данный по меньшей мере один температурный модуль 138 может осуществляться посредством насоса 136 и трубы 134. В добавление к этому или альтернативно, по меньшей мере один участок контейнера 20 10 может находиться в прямом контакте по меньшей мере с одним температурным модулем 138 (например с упомянутым резервуаром или теплообменником), в результате чего тепло переносится непосредственно от стенок контейнера 10 или к ним.

[033] Следует отметить, что, обеспечив для текущей среды возможность перетекать в виде циркулирующего потока в контейнере 10, можно получить для культуры усредненный состав, причем с возможностью его отслеживать (например выполняя 25 мониторинг уровней pH текущей среды) из единого пункта мониторинга и осуществлять температурный контроль большой системы в общей точке доступа (например для процессов теплообмена). В некоторых вариантах централизованный мониторинг осуществляется по отношению к текущей среде, которой предоставлена возможность циркулировать между несколькими контейнерами 10 для культивирования водорослей, 30 сопряженными между собой по текущей среде. В некоторых вариантах количество тепла, экстрагированного из текущей среды, содержащей культуру, и поданного в данную среду, можно контролировать на основе отсчета температуры, полученного по меньшей мере от одного датчика 104 температуры. В некоторых вариантах контроллер 103 может регулировать по меньшей мере один из следующих параметров: 35 поток текущей среды, содержащей культуру (контролируемый, например, посредством управления насосом 136), температура/поток охлаждающей жидкости, подаваемой по меньшей мере в один температурный модуль 138, и т.д.

[034] Как показано на фиг. 1А, в некоторых вариантах система 100 культивирования может дополнительно содержать по меньшей мере одну базу 106 данных (или блок 40 памяти), выполненную с возможностью хранения алгоритмов функционирования контроллера 103, например базу данных по производительности для каждого сопла и/ или каждого барботера и/или по управлению температурным модулем 138. В некоторых вариантах система 100 культивирования может дополнительно содержать источник 107 питания, подключенный к контроллеру 103 и выполненный с возможностью подачи 45 электрической мощности на электрические компоненты системы 100. Источник 107 питания может обеспечивать подачу питания на узлы системы 100, в том числе на первый и второй клапаны, обслуживающие первый и второй барботеры с целью управления первой и второй скоростями потока, и на насос 136, используемый для

контроля количества тепла, экстрагированного из текучей среды, содержащей культуру, и количества тепла, поданного в данную среду.

- [035] В некоторых вариантах данные, собранные по меньшей мере одним датчиком 105, могут анализироваться контроллером (или процессором) 103, чтобы определить, не превышает ли в контейнере 10 какой-либо параметр заданный порог, например порог для уровня pH и/или температуры, и/или концентрации CO<sub>2</sub>. В случае если условия в контейнере 10 для культивирования (например детектируемые pH-датчиком 105) превышают по меньшей мере одно пороговое значение, контроллер 103 может обеспечить функционирование первого клапана первого барботера 101 и/или по меньшей мере второго клапана второго барботера 102, чтобы обеспечивать различные скорости потока. В частности, если уровень pH превышает заданный порог, это означает, что культура (например водорослевая) внутри контейнера 10 не обеспечена достаточным количеством углерода, растворенного в воде, и предусмотрена возможность полностью или частично открыть второй клапан и, тем самым, обеспечить или повысить количество CO<sub>2</sub>, подаваемого в контейнер 10 через второй барботер 102. В другом примере, если в разных зонах контейнера 10 уровни pH изменяются в пределах заданного порога, указывая на несбалансированность подачи CO<sub>2</sub>, можно увеличить количество воздуха, подаваемого, например, барботером 101, и, тем самым, увеличить циркуляцию внутри контейнера 10.
- [036] В следующем примере, если датчик 104 смог обнаружить, что температура в зоне, близкой к выходу 131, превышает 50°C (или детектировать низкие уровни pH), контроллер может активировать температурный модуль 138, чтобы тот понизил температуру внутри контейнера 10 до ~30°C за счет ускорения циркуляции текучей среды, содержащей культуру, через модуль 138, используя для этого, например, насос 136 и подавая в модуль 138 более холодную жидкость. В некоторых вариантах по меньшей мере одно сопло второго барботера 102 может функционировать только после приема сигнала от датчика 105 или 104 о том, что какой-либо параметр превышает заданный порог и не сохраняет постоянное значение. В некоторых вариантах каждая панель 110 может быть снабжена по меньшей мере одним датчиком 105, измеряющим по меньшей мере один параметр внутри смежного с ней объема культивирования.

- [037] В некоторых вариантах в системе 100 культивирования водорослей каждая панель 110 может быть снабжена по меньшей мере одним осветительным модулем 150 (например на базе СД), подключенным к контроллеру 103 и предназначенным для освещения смежных объемов 120 культивирования, расположенных внутри контейнера 10 для культивирования. В некоторых вариантах для каждого осветительного модуля 150 посредством контроллера 103 можно регулировать автономным образом интенсивность освещения и его периоды. В некоторых вариантах по меньшей мере один осветительный модуль 150 может быть отрегулирован так, чтобы интенсивность его излучения отличалась от интенсивности излучения другого модуля 150. Согласно некоторым вариантам все осветительные модули 150 могут быть управляемыми, т.е. обеспечиваемую ими интенсивность освещения можно изменять либо вручную, либо согласно заданному временному графику и/или детектированным условиям в контейнере 10 для культивирования, в частности, в соответствии с количеством естественного света, ожидаемым в конкретном календарном месяце. В некоторых вариантах контроллер 103 может быть выполнен с возможностью управления длиной волны освещения по меньшей мере от одного осветительного модуля 150, например специального осветительного модуля, выполненного с возможностью модифицировать длину волны испускаемого света.

[038] Как может быть очевидно специалисту в данной области, освещаемые системы культивирования водорослей не испытывают существенных ежедневных колебаний температуры. Однако интенсивность света, необходимая для водорослевых культур с высокой плотностью, в некоторых биореакторных системах может требовать

- 5 значительной световой экспозиции и, соответственно, очень большой тепловой экспозиции панелей для культивирования. Следует отметить, что система 100 культивирования водорослей предусматривает возможность высокой интенсивности освещения (в частности, посредством СД), позволяя в то же время управлять температурой внутри контейнера 10 для культивирования (как большого
- 10 технологического объема) и используя для этого гомогенное перемешивание больших объемов водорослевой культуры, которой предоставлена возможность протекать через систему теплообмена (в частности через модуль 138), чтобы обеспечить стабильные заданные температуры, необходимые для получения оптимизированной биомассы и ее оптимального состава. Например, система 100 культивирования водорослей,
- 15 снабженная температурным модулем 138, который поддерживает внутри контейнера 10 требуемую температуру, может обеспечить ежедневный выход биомассы, равный примерно 2,8 г/л и/или, тоже ежедневно, выход продукта Omega-3 примерно 190 млг/л, что в пять раз превышает производительность других систем, упомянутых в данном описании.

- 20 [039] В некоторых вариантах система 100 культивирования может содержать для по меньшей мере одной панели 110 по меньшей мере два осветительных модуля 150, причем по меньшей мере один из них может управляться контроллером 103 таким образом, чтобы он обеспечивал освещение с интенсивностью, отличной от обеспечиваемой другим осветительным модулем. В некоторых вариантах система 100 культивирования
- 25 может содержать для по меньшей мере одной панели 110 по меньшей мере два осветительных модуля 150, причем по меньшей мере один из них может управляться контроллером 103 таким образом, чтобы он обеспечивал освещение на длине волны, отличной от длины волны другого модуля.

- [040] На фиг. 2 представлена блок-схема способа выращивания водорослей в контейнере 10 для культивирования, осуществляющегося согласно некоторым вариантам изобретения. В некоторых вариантах по меньшей мере один первый барботер 101 в ходе операции 201 управления может обеспечить распределение первой текучей среды в контейнере 10 при первой рабочей скорости потока. В некоторых вариантах по меньшей мере один второй барботер 102 в ходе операции 202 управления может
- 35 обеспечить распределение второй текучей среды в контейнере 10 при второй рабочей скорости потока. Например, контроллер 103 может управлять по меньшей мере первым клапаном и/или компрессором так, чтобы первая текучая среда подавалась при первой рабочей скорости потока, и/или управлять по меньшей мере вторым клапаном и/или компрессором так, чтобы вторая текучая среда подавалась при второй рабочей скорости
- 40 потока.

- [041] В некоторых вариантах температурный модуль 138 способен в ходе операции 203 управления регулировать температуру текучих сред внутри контейнера 10 для культивирования, например, управляя насосом 136 так, чтобы текучая среда, содержащая культуру, циркулировала через температурный модуль 138, или контролируя
- 45 температуру или количество охлаждающей жидкости, подаваемой в данный модуль 138 (например в теплообменник). В некоторых вариантах предусмотрена возможность в ходе операции 204 управления обеспечить посредством, например, насоса 136 поток текучей среды по меньшей мере между двумя объемами 120 культивирования,

образованными между парами панелей 110, которые позиционированы внутри контейнера 10 для культивирования вдоль оси, перпендикулярной направлению силы тяжести.

[042] В некоторых вариантах предусмотрена возможность поддерживать температуру

- 5 текучей среды, содержащей культуру, на оптимальном уровне между нижним и верхним пороговыми значениями (например в интервале 20-50°C). Нежелательное избыточное тепло может поступать в контейнер 10 вследствие подаваемого освещения, а также за счет температуры внешней среды и других подобных воздействий. В некоторых вариантах температуру внутри контейнера можно измерить по меньшей мере одним
- 10 предназначеннм для этого датчиком 104, причем поток текучей среды по меньшей мере между двумя объемами 120 культивирования может базироваться на измеренной температуре. В частности, если температура, измеренная датчиком 104, превышает заданное пороговое значение (например 50°C), контроллер 103 может, управляя насосом 136, ускорить циркуляцию текучей среды, содержащей культуру, через температурный модуль 138, понизив таким образом измеряемую температуру до приблизительно 30°C.
- 15 Если такого снижения температуры не произойдет, культура может получить повреждение.

[043] В некоторых вариантах каждый объем культивирования может освещаться по меньшей мере одним светильным модулем 150. В некоторых вариантах внутри

- 20 контейнера 10 по меньшей мере один параметр может быть измерен по меньшей мере одним датчиком 105, а температурой текущих сред в контейнере 10 можно управлять на базе данного по меньшей мере одного измеренного параметра.

[044] Если прямо не оговорено обратное, варианты способа, раскрытие в данном описании, не ограничиваются определенным порядком выполнения его операций во

- 25 времени или определенным порядком их следования. Кроме того, некоторые из описанных компонентов способа могут быть опущены или выполнены повторно в процессе реализации последовательности операций способа.

[045] Были рассмотрены различные варианты изобретения. Разумеется, каждый из этих вариантов может включать признаки других представленных вариантов, тогда

- 30 как не рассмотренные подробно варианты могут включать различные признаки, представленные в данном описании.

### (57) Формула изобретения

#### 1. Система культивирования водорослей, содержащая:

- 35 множество панелей, размещенных внутри контейнера для культивирования и позиционированных вдоль первой оси, перпендикулярной силе тяжести, причем между каждой парой панелей создан объем культивирования, причем объемы культивирования сопряжены по текучей среде для обеспечения возможности горизонтального потока между ними вдоль первой оси;

- 40 по меньшей мере один первый барботер для распределения первой текучей среды в указанном контейнере при первой рабочей скорости потока;

- по меньшей мере один второй барботер для распределения второй текучей среды в указанном контейнере при второй рабочей скорости потока, при этом сопла первого и второго барботеров лежат в одной и той же плоскости в контейнере для
- 45 культивирования водорослей; и

по меньшей мере один контроллер для управления первой и второй рабочими скоростями потока, причем указанный по меньшей мере один контроллер предназначен также для управления потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами

культивирования,

при этом первая рабочая скорость потока выбрана так, чтобы обеспечить возможность турбулентного перемешивания водорослей в контейнере для 5 культуры, а вторая рабочая скорость потока выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости в контейнере для культуры.

2. Система по п. 1, дополнительно содержащая по меньшей мере один датчик для измерения по меньшей мере одного параметра внутри указанного контейнера, причем контроллер дополнительно выполнен с возможностью управления первой и второй 10 рабочими скоростями потока на основе измерений, полученных от указанного по меньшей мере одного датчика.

3. Система по п. 1 или 2, дополнительно содержащая датчик температуры и температурный модуль, выполненный с возможностью регулирования, на основе измерений температуры, полученных от указанного датчика, температуры текущих 15 сред внутри контейнера для культуры.

4. Система по любому из предыдущих пунктов, в которой панели выполнены прозрачными.

5. Система по п. 2, в которой измеряемый параметр выбран из группы, в которую входят плотность водорослей, температура, pH, интенсивность освещения и давление 20 внутри контейнера.

6. Система культуры водорослей, содержащая:

множество панелей, размещенных внутри контейнера для культуры и позиционированных вдоль первой оси, перпендикулярной силе тяжести, причем между каждой парой панелей создан объем культуры, причем объемы культуры 25 сопряжены между собой по текущей среде для обеспечения возможности горизонтального потока вдоль первой оси;

по меньшей мере один первый барботер для распределения первой текущей среды в указанном контейнере;

по меньшей мере один осветительный модуль для каждой панели, предназначенный 30 для освещения смежных объемов культуры; и

по меньшей мере один контроллер для управления скоростью потока первой текущей среды и управления потоком текущей среды по меньшей мере между двумя панелями,

при этом скорость потока первой текущей среды выбрана так, чтобы обеспечить возможность турбулентного перемешивания водорослей в контейнере для 35 культуры, а контроллер выполнен с возможностью управления по меньшей мере одним осветительным модулем.

7. Система по п. 6, содержащая по меньшей мере два осветительных модуля по меньшей мере для одной панели, причем по меньшей мере один осветительный модуль выполнен с возможностью управления таким образом, чтобы обеспечивать освещение 40 с интенсивностью, отличной от обеспечиваемой другим осветительным модулем.

8. Система по п. 6 или 7, дополнительно содержащая по меньшей мере один датчик для измерения по меньшей мере одного параметра внутри указанного контейнера, причем контроллер дополнительно выполнен с возможностью управления, на основе измерений, полученных от указанного по меньшей мере одного датчика, скоростью 45 потока первой текущей среды и потоком текущей среды по меньшей мере между двумя панелями.

9. Система по любому из пп. 6-8, дополнительно содержащая датчик температуры и температурный модуль, выполненный с возможностью регулирования, на основе

входного сигнала, полученного от датчика температуры, температуры текучих сред внутри контейнера для культивирования.

10. Система по любому из пп. 6-9, содержащая по меньшей мере два осветительных модуля для по меньшей мере одной панели, причем по меньшей мере один осветительный модуль выполнен с возможностью управления таким образом, чтобы обеспечивать освещение на длине волны, отличной от длины волны другого модуля.

11. Система по любому из пп. 6-10, содержащая по меньшей мере один второй барботер, выполненный с возможностью управления им с помощью по меньшей мере одного контроллера для распределения, на основе по меньшей мере одного измеренного параметра, второй текучей среды в контейнере при второй рабочей скорости потока, причем вторая рабочая скорость потока выбрана так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости, находящейся в контейнере для культивирования.

12. Система по любому из пп. 6-11, в которой каждая панель снабжена по меньшей мере одним датчиком для измерения по меньшей мере одного параметра внутри смежного с ней объема культивирования.

13. Способ выращивания водорослей в контейнере для культивирования, включающий следующие операции:

управляют по меньшей мере одним первым барботером для обеспечения распределения первой текучей среды в указанном контейнере при первой рабочей скорости потока;

управляют по меньшей мере одним вторым барботером для обеспечения распределения второй текучей среды в указанном контейнере при второй рабочей скорости потока, при этом сопла первого и второго барботеров лежат в одной и той же плоскости в контейнере для культивирования водорослей; и

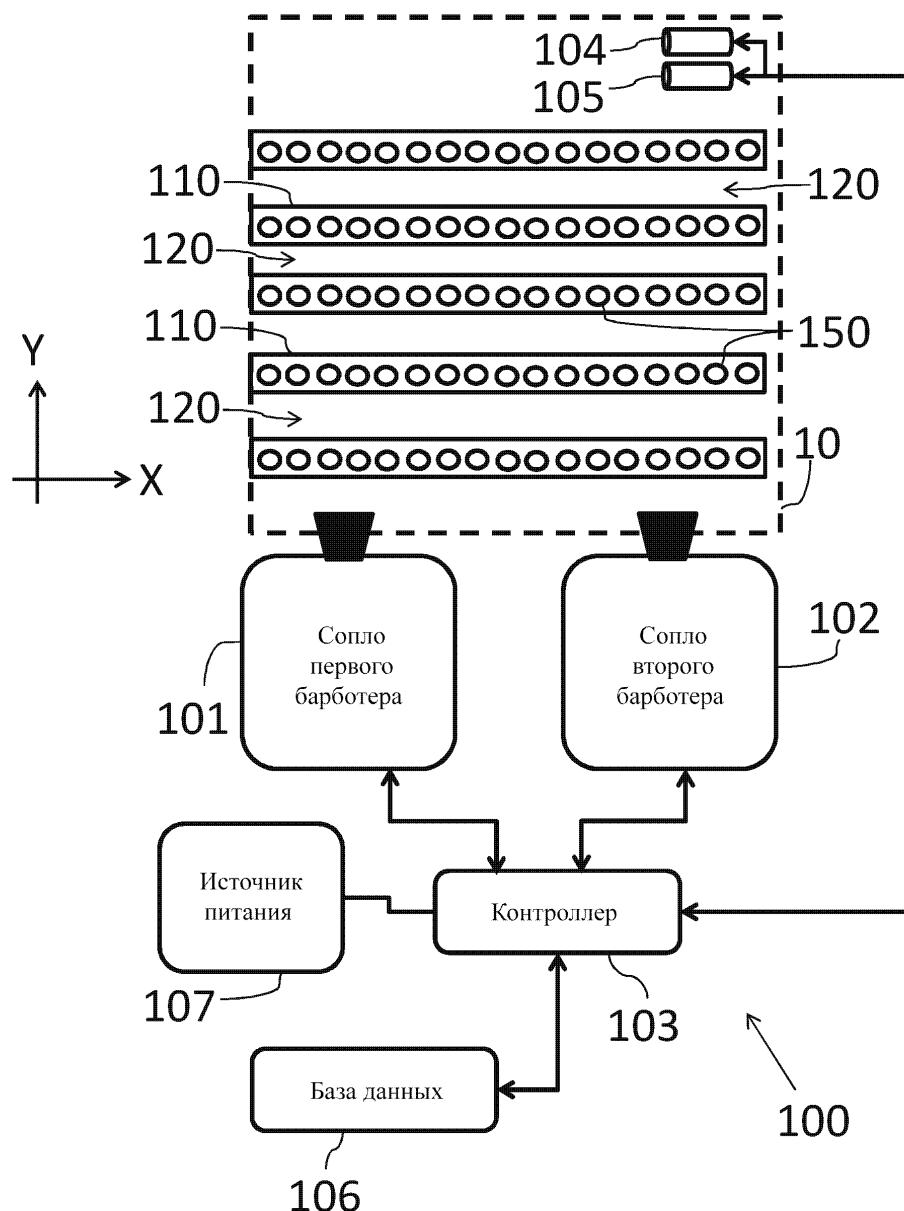
управляют потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами культивирования, образованными между парами панелей, позиционированных внутри контейнера для культивирования вдоль оси, перпендикулярной силе тяжести,

при этом первую рабочую скорость потока выбирают так, чтобы обеспечить возможность перемешивания водорослей в контейнере для культивирования, а вторую рабочую скорость потока выбирают так, чтобы обеспечить возможность ассимилирования материалов в жидкости, находящейся в контейнере для культивирования.

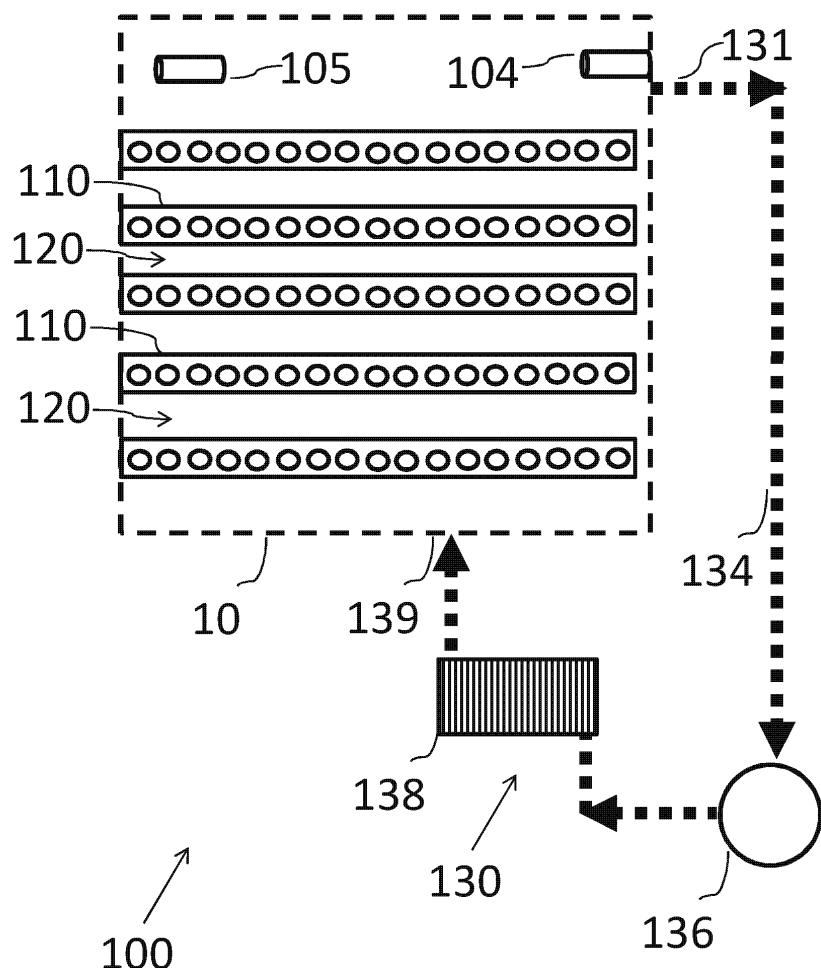
14. Способ по п. 13, включающий измерение температуры внутри контейнера посредством по меньшей мере одного датчика, причем управление потоком текучей среды по меньшей мере между двумя объемами культивирования осуществляют на основе измеренной температуры.

15. Способ по п. 13 или 14, включающий управление температурным модулем для регулирования температуры текучих сред внутри контейнера для культивирования.

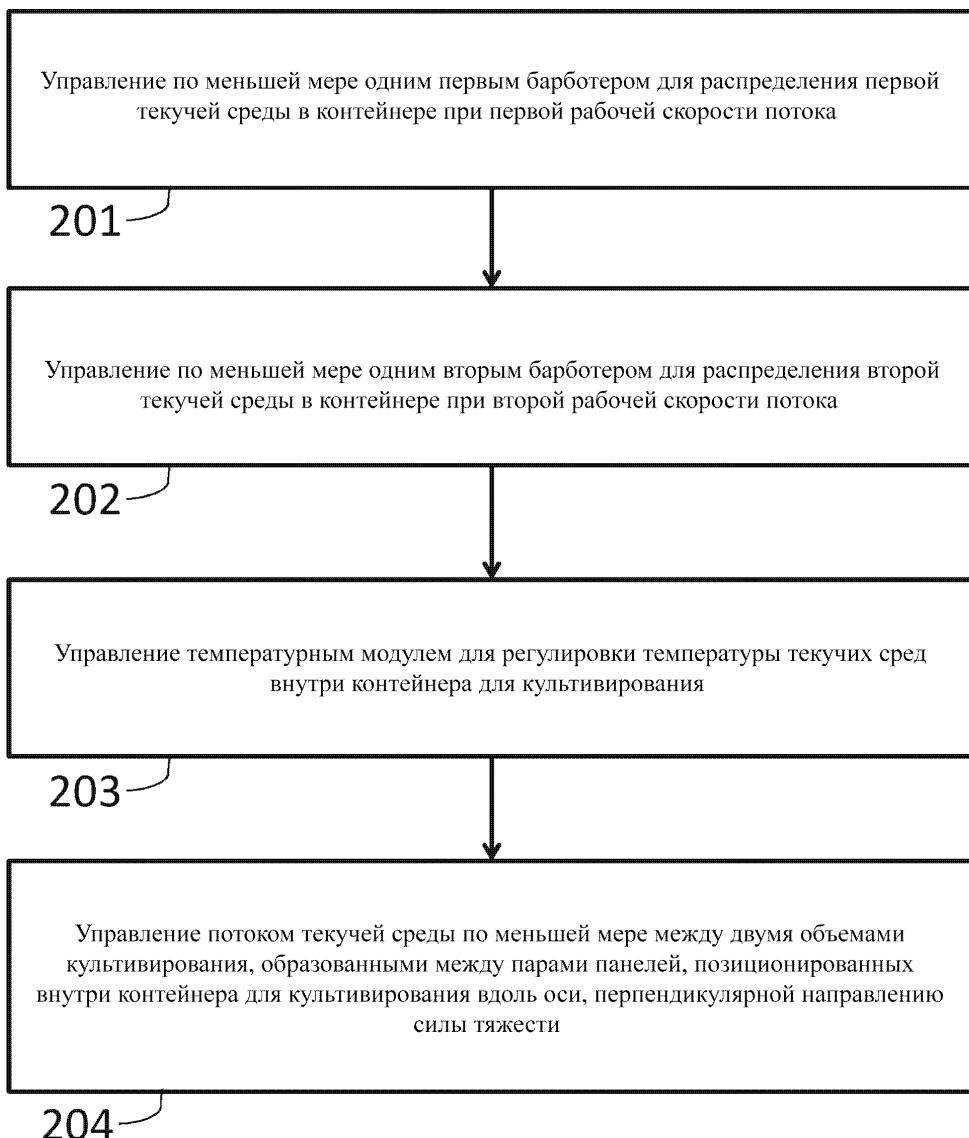
16. Способ по любому из пп. 13-15, включающий освещение каждого объема культивирования посредством по меньшей мере одного осветительного модуля.



ФИГ. 1А



ФИГ. 1В



**ФИГ. 2**