



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ(21)(22) Заявка: **2011103564/10, 05.11.2008**(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.11.2008

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **05.11.2008**(45) Опубликовано: **10.01.2013** Бюл. № 1(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2299903 C2, 27.10.2005. RU 2035505**
C1, 20.05.1995. RU 71118 U1, 27.02.2008. SU
1666537 A1, 30.07.1991. RU 2019565 C1,
15.06.1994.(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: **06.06.2011**(86) Заявка РСТ:
RU 2008/000683 (05.11.2008)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2010/053394 (14.05.2010)

Адрес для переписки:

630090, г.Новосибирск-90, ул.
Золотодолинская, 19, кв.27, Ю.А. Рамазанову

(72) Автор(ы):

Рамазанов Юрий Ахметович (RU),
Репков Андрей Петрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
ответственностью "Центр вихревых
технологий" (RU)**(54) БИОРЕАКТОР И СПОСОБ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ
МИКРООРГАНИЗМОВ С ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

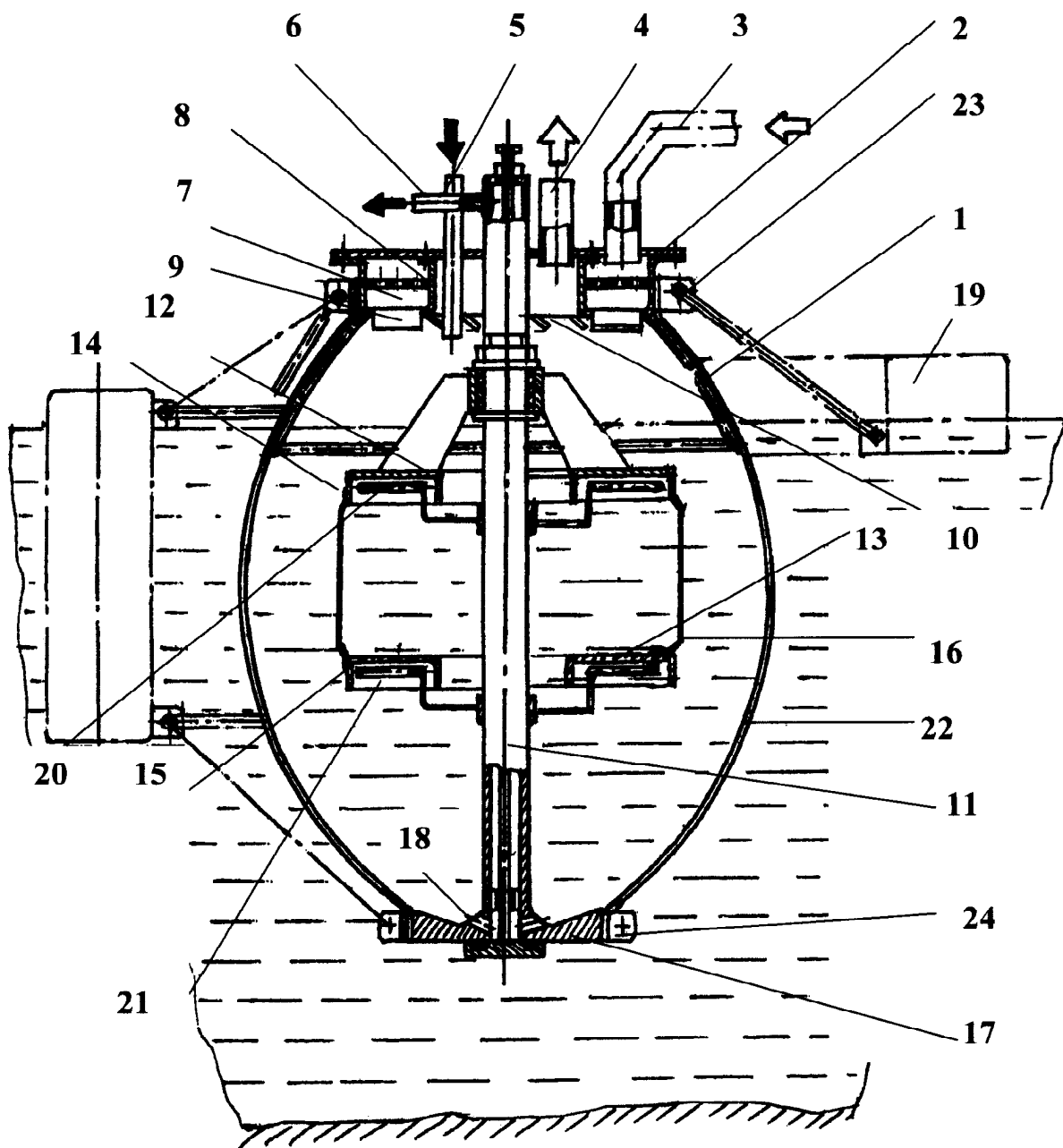
(57) Реферат:

Изобретения относятся к области биотехнологии, в частности к устройствам для выращивания одноклеточных фотосинтезирующих микроорганизмов, и может найти применение в биотехнологии, в фармацевтике, в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Биореактор содержит емкость (1) с крышкой (2) и устройство для перемешивания и аэрации микроорганизмов, включающее размещенные в крышке (2) патрубки (3 и 4) соответственно для подачи аэрирующего газа и отвода газообразной среды. В емкости (1) установлены несколько соосно расположенных и на расстоянии друг от друга кольцевых перегородок (12 и 13) с

открытыми снизу поплавками (14 и 15) на вертикальной полой оси (11) с возможностью вращения и возвратно-поступательного по ней перемещения с образованием зазора между стенкой емкости (1) и кольцевыми перегородками (12 и 13). Крышка (1) и емкость (2) реактора выполнены из светопроницаемых материалов. Биореактор имеет средство (19) для удержания реактора в жидкой среде на плаву и источники (20 и 21) искусственного освещения, установленные в полостях поплавков (14 и 15) кольцевых перегородок (12 и 13). Последние выполнены из оптически прозрачного материала. Емкость выполнена в виде одноразовой или многоразовой съемной оболочки (22) и имеет

средства (23 и 24) для ее крепления соответственно к крышке (2) и днищу (17) емкости. Способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов включает создание биохимических и физических условий для их роста в питательной среде и поддержание температурного режима культивирования. Последний осуществляют в биореакторе, который погружают и поддерживают в плавучем состоянии в природном или

искусственном водоеме при температуре воды, благоприятной для роста фотосинтезирующих микроорганизмов в указанном водоеме, причем в качестве питательной среды используют отфильтрованную воду водоема, в котором расположен биореактор. Изобретения обеспечивают повышение выхода биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов при одновременном сокращении энергозатрат и упрощении обслуживания. 2 н. и 4 з.п. ф-лы, 1 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C12M 1/04 (2006.01)*C12M 1/06* (2006.01)*C12M 1/38* (2006.01)*C12M 3/00* (2006.01)*C12Q 3/00* (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2011103564/10, 05.11.2008**(24) Effective date for property rights:
05.11.2008

Priority:

(22) Date of filing: **05.11.2008**(45) Date of publication: **10.01.2013 Bull. 1**(85) Commencement of national phase: **06.06.2011**(86) PCT application:
RU 2008/000683 (05.11.2008)(87) PCT publication:
WO 2010/053394 (14.05.2010)

Mail address:

**630090, g.Novosibirsk-90, ul. Zolotodolinskaja,
19, kv.27, Ju.A. Ramazanovu**

(72) Inventor(s):

**Ramazanov Jurij Akhmetovich (RU),
Repkov Andrej Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Tsentr vikhrevykh tekhnologij" (RU)****(54) BIOREACTOR AND METHOD OF CULTURING PHOTOSYNTHESISING MICROORGANISMS
USING SAID BIOREACTOR**

(57) Abstract:

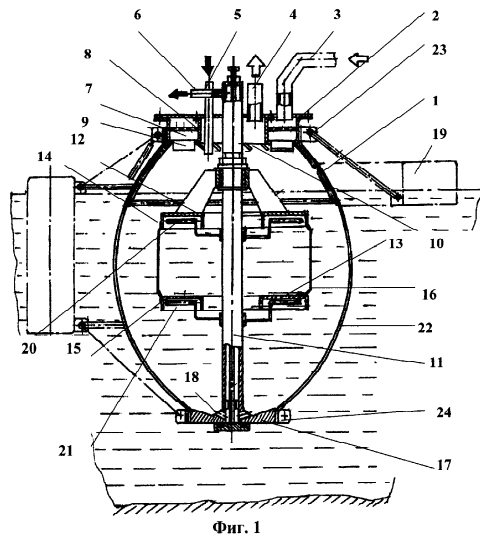
FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: bioreactor has a vessel (1) with a cover (2) and a device for mixing and aerating microorganisms, having pipes (3 and 4) on the cover for inlet of aerating gas and outlet of gaseous medium, respectively. The vessel (1) is fitted with multiple coaxially arranged and spaced apart annular partitions (12 and 13) with floats (14 and 15) which are open at the bottom, on a vertical hollow shaft (11) with possibility of rotation and back-and-forth movement thereon with formation of a gap between the wall of the vessel (1) and the annular partitions (12 and 13). The vessel (1) and the cover (2) of the reactor are made from transparent materials. The bioreactor has a meant (19) of holding the reactor afloat in a liquid medium and sources (20 and 21) of artificial light, which are mounted inside the floats (14 and 15) of the annular partitions (12 and 13). The latter are made from optically transparent

material. The vessel is in form of a disposable or reusable dismountable envelope (22) and has means (23 and 24) of fastening it to the cover (2) and the bottom (17) of the vessel, respectively. The method of culturing photosynthesising microorganisms involves creating biochemical and physical conditions for growth of the microorganisms in a culture medium and maintaining culturing temperature conditions. The latter is carried out in the bioreactor, which is immersed and held afloat in a natural or manmade water body at water temperature which is favourable for growth of photosynthesising microorganisms in said water body, wherein the culture medium used is the filtered water from the water body in which the bioreactor is located.

EFFECT: high output of biomass of photosynthesising microorganisms, while reducing power consumption and simplifying maintenance.

6 cl, 1 dwg



Фиг. 1

RU 2 4 7 1 8 6 3 C 2

RU 2 4 7 1 8 6 3 C 2

Изобретение относится к устройствам для выращивания одноклеточных микроорганизмов, например зеленых водорослей, в закрытых емкостях в водной суспензии при естественном или искусственном освещении. Изобретение может найти применение в биотехнологической промышленности для получения «биотоплива», в фармацевтике, в микробиологии, в пищевой промышленности и сельском хозяйстве.

Известен культиватор микроводорослей, в котором с помощью насоса суспензию хлореллы или спирулины подают в разбрызгиватель, откуда она, разделенная на капельные струи, стекает в освещаемую снизу источниками света зону (авторское свидетельство СССР №1289880, МПК C12M 1/04, опубл. 1987 г.).

Однако в этом культиваторе из-за очевидного пенообразования и обрастания светового окна источника света освещение культуры малоэффективно, а также в механических соединениях насоса, разбрызгивателя разрушаются клетки выращиваемой культуры.

Известен биореактор для фотосинтеза зеленых водорослей, внутри емкости которого установлены водоохлаждаемая ксеноновая лампа и перемешивающее устройство с лопастями [Патент Германии №2502515, МПК A01G 33/00, опубл. 20.11.1975 г.]. Лампа погружена в жидкую культуру и периодически облучает ее с помощью непрозрачного вращающегося цилиндра с продольной прорезью, надетого на лампу. Другим вариантом этого решения является периодическое прерывистое включение этой лампы.

Однако указанное устройство обеспечивает недостаточный выход биомассы микроорганизмов вследствие неравномерного перемешивания среды культивирования механической мешалкой, травмируемости клеток указанной мешалкой и неэффективной аэрации клеток углекислым газом. Кроме того, в этом реакторе нерационально используется источник света, снижается эффективность облучения, а при прерывистом включении и сокращается долговечность лампы. А также при наличии подшипников, погруженных в жидкую культуру, происходят повреждение и разрушение клеток выращиваемой культуры, вследствие чего в нем невозможно выращивание форм со слабыми клеточными оболочками.

Известен биореактор для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов (Патент РФ №2035505, МПК C12M 1/00, опубл. 20.05.1995 г.), содержащий емкость с теплообменником, систему подвода питательных веществ и слива готового продукта, водоохлаждаемый источник света помещен в полости, образованной двумя соосными дисками, соединенными между собой по периферии лопастями, причем нижний диск снабжен глухим перевернутым стаканом, в полости которого размещена нижняя опора перемешивающего устройства, при вращении которого под действием центробежных сил жидкая культура, поднимаясь по стенкам биореактора, образует гидравлическую воронку, в полости которой оказывается источник света, таким образом лишенный контакта с жидкой культурой. Так как температура охлаждающей воды ниже температуры жидкой культуры, то на источнике света происходят конденсация паров влаги и их стекание вниз, т.е. происходит постоянный смыв поверхности источника света, исключаяющий обрастание его микроорганизмами. При этом в воронке суспензия интенсивно перемешивается, происходит ускоренный выброс метаболитного газа из нее и ее насыщение питательной газовой смесью за счет увеличенной поверхности фазового контакта суспензии и хорошей ее циркуляции в пристенном слое при эффективном ее облучении в образовавшейся воронке. Одновременно за счет конденсации паров воды на водоохлаждаемой колбе резко снижается вынос паров воды с выходящей газовой фазой из биореактора. Размещение

нижней опоры перемешивающего устройства внутри перевернутого глухого стакана полностью исключает механическое повреждение клеток выращиваемой культуры, т.к. подшипник опоры перемешивающего устройства при заполнении емкости жидкостью оказывается в воздушной пробке, образующейся в этом стакане.

Однако указанное устройство также обеспечивает недостаточный выход биомассы микроорганизмов вследствие неравномерного перемешивания среды культивирования механической мешалкой, травмируемости клеток указанной мешалкой и неэффективной аэрации клеток углекислым газом.

Наиболее близким аналогом (прототипом является биореактор для перемешивания и аэрации, в том числе и для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов (патент РФ №2299903, МПК C12M 1/04, опубл. 27.05.2007 г.), содержащий емкость с крышкой и устройство для перемешивания и аэрации микроорганизмов, включающее патрубки соответственно для подачи аэрирующего газа и отвода газообразной среды, размещенные в крышке емкости, и выполненное с возможностью создания на поверхности суспензии закрученного потока аэрирующего газа с полем скорости потенциального вихря на периферии емкости и осевым противотоком в приосевой зоне и перепадом давления между периферией и центром вихря и кольцевую перегородку. Кольцевая перегородка имеет открытые снизу поплавки и установлена в емкости на вертикальной оси с возможностью вращения и возвратно-поступательного по ней перемещения и соосно емкости с образованием зазора между цилиндрической стенкой емкости и кольцевой перегородкой.

Недостатком такого биореактора является недостаточный выход биомассы микроорганизмов при соотношении высоты емкости к диаметру реактора более 1,0 вследствие значительной неравномерности освещения клеток микроорганизмов в разных зонах емкости реактора, особенно ближе к его днищу. В случае внешнего источника освещения прозрачные стенки емкости будут зарастать биомассой фотосинтезируемых микроорганизмов, что усложняет процесс обслуживания реактора. Кроме того, биореактор не приспособлен для культивирования морских или озерных фотосинтезирующих водорослей непосредственно в условиях погружения устройства в водоем вследствие отсутствия средств обеспечения плавучести биореактора.

Наиболее близким аналогом (прототипом) способа культивирования является способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов, включающий поддержание температурного режима культивирования посредством теплообменника, насыщение углекислым газом суспензии фотосинтезирующих микроорганизмов и поддержание максимального значения интенсивности фотосинтеза микроорганизмов путем изменения интенсивности насыщения суспензии микроорганизмов углекислотой регулированием расхода подаваемого газа, содержащего углекислоту (патент РФ №2019565, МПК C12Q 3/00, опубл. 15.09.1994 г.).

Однако в указанном способе существенные затраты составляют энергозатраты на поддержание режима культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов в определенном температурном диапазоне, что увеличивает стоимость конечного продукта.

Техническим результатом предлагаемого изобретения является создание такого биореактора и способа культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов, которые повышали бы выход биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов и обеспечивали бы снижение энергозатрат на получение биомассы микроорганизмов за счет культивирования этих микроорганизмов в реакторе непосредственно в

природном или искусственном водоеме, а также упрощали бы процесс обслуживания ферментационного оборудования.

Указанный технический результат достигается тем, что в биореакторе для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов, содержащем емкость с крышкой и устройство для перемешивания и аэрации микроорганизмов, включающее патрубки соответственно для подачи аэрирующего газа и отвода газообразной среды, размещенные в крышке емкости, и выполненное с возможностью создания на поверхности суспензии закрученного потока аэрирующего газа с полем скорости потенциального вихря на периферии емкости и осевым противотоком в приосевой зоне и перепадом давления между периферией и центром вихря и кольцевую перегородку с открытыми снизу поплавками, установленную в емкости на вертикальной оси с возможностью вращения и возвратно-поступательного по ней перемещения и соосно емкости с образованием зазора между цилиндрической стенкой емкости и кольцевой перегородкой, согласно изобретению он снабжен второй или несколькими кольцевыми перегородками, выполненными и установленными на той же вертикальной оси идентично первой кольцевой перегородке на расстоянии друг от друга, а крышка и емкость реактора выполнены из светопрозрачных материалов.

Биореактор снабжен средством для удержания реактора в жидкой среде на плаву. Средство для удержания реактора в жидкой среде на плаву выполнено в виде одного или нескольких поплавков, прикрепленных к крышке емкости. Биореактор снабжен источниками искусственного освещения, установленными в полостях поплавков кольцевых перегородок, выполненных из оптически прозрачного материала.

Крышка емкости имеет жесткую конструкцию, а емкость выполнена в виде одноразовой или многоразовой съемной оболочки и снабжена средством для ее крепления к крышке емкости реактора.

Оболочка емкости выполнена из мягкого оптически прозрачного упругоэластичного полимерного материала, или из мягкого водопроницаемого тканого или нетканого материала.

Указанный технический результат достигается также тем, что в способе культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов путем создания биохимических и физических условий для их роста в питательной среде в биореакторе, включая поддержание температурного режима процесса культивирования указанных микроорганизмов, согласно изобретению поддержание температурного режима процесса культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов осуществляют путем погружения и поддержания в плавучем состоянии биореактора в природном или искусственном водоеме при температуре воды, обеспечивающей благоприятный рост фотосинтезирующих микроорганизмов в указанном водоеме, а в качестве питательной среды используют отфильтрованную воду указанного водоема, в котором расположен биореактор.

Температура воды в природном или искусственном водоеме может составлять +4,0-+98°C.

Экспериментально установлено, что при неполном заполнении емкости биореактора (например, в случае слива урожая клеток при непрерывном технологическом цикле культивирования) или увеличении скорости вращения в биореакторе газового вихря свыше 1800 об/мин, снижается эффективность перемешивания при наличии одной плавающей кольцевой перегородки, т.к. последняя выталкивается на поверхность культуральной жидкости, где вновь приобретает осевую устойчивость и запирает сток культуральной жидкости. В заявляемом

биореакторе при наличии нескольких кольцевых шайб, обеспечивается интенсивное перемешивание культуральной жидкости (скорость вращения в биореакторе газового вихря свыше 1800 об/мин) посредством нижней (нижними) кольцевыми шайбами в случае запираания стока жидкости верхней кольцевой перегородкой.

Из уровня техники такой конструктивный прием не известен.

Снижение энергозатрат достигается за счет использования температуры окружающей воды естественного водоема (моря, озера, океана) для поддержания температурного режима процесса культивирования указанных микроорганизмов.

Так как теплоемкость воздуха многократно ниже, чем теплоемкость воды, незначительные перепады температуры воздуха не будут оказывать существенное воздействие на снижение температуры воды.

Предполагается также использование биореактора в экваториальной зоне с постоянной круглогодичной температурой.

Резких перепадов температуры жидкости в аквареакторе в ночное время не происходит, так как прослойка воздуха под крышкой является хорошим теплоизолятором, а корпус аппарата находится в водоеме, который охлаждается постепенно.

Поддержание температуры в диапазоне +4-+98°C обеспечивается температурой окружающей воды естественного водоема (источника, моря, озера, океана), в котором происходит культивирование указанных микроорганизмов. Например, горячие источники на Камчатке (+98°C) или Северное море (+4°C).

Заявляемый подход к размещению плавающих аквареакторов в водоемах морей, озер и т.д. решает задачу наработки с низкой себестоимостью биомассы микроводорослей, с использованием легкодоступных природных ресурсов (морской, озерной воды в качестве культуральной жидкости) и позволяет использовать для их создания дешевые «мягкие» материалы - полимерную пленку и т.д. Корпус аппарата, выполненный из мягких тонких прозрачных материалов, может быть съемным одноразовым и легко заменяться на новый, что упрощает его обслуживание.

На фиг.1 представлена схема биореактора для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов.

Предлагаемый способ суспензионного культивирования клеток фотосинтезирующих микроорганизмов осуществляется следующим образом. Емкость 1 (фиг.1) собирают из отдельных частей и заполняют стерильной питательной средой так, чтобы высота слоя питательной среды обеспечивала условия культивирования микроорганизмов, а высота слоя газовой среды обеспечивала бы плавучесть реактору в водоеме. Плавучесть биореактора может обеспечиваться также и за счет внешнего средства 19, выполненного в виде понтона. Далее устанавливают в емкости 1 требуемый для культивирования клеток микроорганизмов температурный режим путем погружения реактора в природный или искусственный водоем, например в летний период благоприятного роста фотосинтезирующих микроорганизмов в указанном водоеме и вводят посевную дозу клеток микроорганизмов (хлорелла, или спирулина, или другой вид). Температура воды в водоеме в зависимости от вида фотосинтезирующих микроорганизмов может составлять +4,0-+98°C. Затем в емкость 1 вводят аэрирующий газ (воздух с добавлением CO₂) и непрерывно перемешивают суспензию клеток. Перемешивание суспензии клеток осуществляют путем создания в ней квазистационарного вращательного движения, генерируемого аэрирующим газом, который подают в емкость над поверхностью суспензии клеток с одновременным его закручиванием в поток с полем скорости потенциального вихря

на периферии емкости и осевым противотоком в приосевой зоне. Аэрирующий газ подают в емкость под заданным давлением, обеспечивающим перепад давления в закрученном потоке между периферией и центром, например, в пределах 10-2000 Па.

Перепад давления между периферией и осью вихря определяет величину тангенциальной компоненты скорости потока газа над поверхностью суспензии клеток. При перепаде давления, меньшем чем 10 Па, скорость газа будет мала и создаваемая им энергия в суспензии клеток будет недостаточной для создания в ней условий для перемешивания, в результате чего клетки осядут на дно емкости. При перепаде давления выше 2000 Па начинается захват капель суспензии с ее поверхности с последующим их выбросом на стенку емкости. Это приводит к массовой гибели клеток из-за механического их травмирования.

В результате интенсивной закрутки потока аэрирующего газа над поверхностью суспензии клеток в вихре имеет место разница давлений между его периферией и центром. Разница давлений в газе через свободную поверхность суспензии клеток генерирует в последней осевое движение: нисходящее в периферийной зоне емкости и восходящее в приосевой его зоне. Одновременно, вследствие трения газа о свободную поверхность жидкой среды, возникает вращательное движение суспензии. В процессе культивирования клеток микроорганизмов аэрирующий газ взаимодействует с суспензией клеток через ее свободную поверхность, насыщая ее смесь воздуха с CO_2 и не смешиваясь с ней. В результате в суспензии клеток исключается образование пузырьков газа, что уменьшает травмирование клеток и образование пены. Поскольку указанное вихревое перемешивание суспензии представляет собой квазистационарный процесс, то в ней обеспечивается интенсификация массообменных характеристик. После наработки достаточного количества клеток часть суспензии клеток сливается и добавляется свежая питательная среда.

Погружение реактора в водоем обеспечивает существенную экономию энергоресурсов при получении биомассы микроорганизмов.

Биореактор, с помощью которого осуществляют способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов, включает (фиг.1) оптически прозрачные цилиндрическую емкость 1, крышку 2 и устройство для перемешивания и аэрации микроорганизмов, включающее патрубок 3 подачи аэрирующего газа и патрубок 4 отвода газообразной среды, размещенные в крышке 2 емкости, и выполненное с возможностью создания на поверхности суспензии закрученного потока аэрирующего газа с полем скорости потенциального вихря на периферии емкости и осевым противотоком в приосевой зоне и перепадом давления между периферией и центром вихря. Кроме того, к крышке 2 подсоединены соответственно патрубки 5 и 6 подачи исходного сырья и отвода готового продукта. Устройство для перемешивания и аэрации среды с клетками микроорганизмов выполнено в виде кольцевой полости 7, образованной цилиндрической перегородкой 8, установленной в крышке 2. Снизу к цилиндрической перегородке 8 прикреплены радиальные пластины 9 с зазором относительно друг друга, образующие тангенциальные щели 10 для подачи в емкость 1 аэрирующего газа тангенциально стенкам емкости 1. Патрубок 3 подачи аэрирующего газа расположен на периферии крышки 2 и соединен с кольцевой полостью 7, а патрубок 4 расположен на приосевом участке крышки 2 и соединен с внутренней полостью емкости 1. Кроме того, устройство для перемешивания и аэрации среды с клетками микроорганизмов содержит соосно расположенные на полой вертикальной оси 11 на расстоянии друг от друга кольцевые перегородки 12 и 13, выполненные из оптически прозрачного материала, установленные в емкости с

возможностью вращения, образующие со стенкой емкости 1 зазор и снабженные оптически прозрачными полыми поплавками 14 и 15, открытыми снизу и поддерживающими перегородки 12 и 13 на плаву в жидкости. Между собой перегородки 12 и 13 соединены вертикальными стойками 16. Нижний конец полой

5 оси 11 прикреплен к днищу 17 емкости 1 и имеет каналы 18 для соединения внутренней полости оси 11 с емкостью 1. Верхний конец полой оси 11 закреплен в крышке 2 и соединен с патрубком 6 отвода готового продукта. Биореактор снабжен средством 19 для удержания реактора в жидкой среде на плаву, выполненным в виде понтонов,

10 прикрепленных к крышке 2. Биореактор снабжен источниками 20 и 21 искусственного освещения, установленными соответственно в полостях поплавков 14 и 15 кольцевых перегородок 12 и 13. Крышка 2 и днище 17 емкости имеют жесткую конструкцию, а боковая стенка 22 емкости 1 может быть выполнена в виде одноразовой или

15 многоразовой мягкой съемной оболочки, например, из мягкого оптически прозрачного упругоэластичного полимерного материала, или из мягкого водонепроницаемого тканого или нетканого материала (например, акрила) и снабжена средством 23 для ее крепления к крышке 2 емкости реактора и средством 24 для

20 крепления ее к днищу 17 емкости, выполненными, например в виде хомутов с болтовым соединением их концов. Съемные многоразовые оболочки упрощают процесс подготовки биореактора к работе, упрощают процесс удаления (отмывания поверхностно-активными веществами) наростов биомассы микроорганизмов, а одноразовые оболочки легко заменяются на новые.

Биореактор работает следующим образом. Предпочтительно реактор располагают

25 в воде (прибрежная зона озера или моря) в теплое время года, когда температура воды в течение всего времени суток колеблется около 27,0-32,0°C, вследствие чего не требуется энергия для термостабилизации процесса культивирования. Собирают емкость 1 путем закрепления краев ее стенки 22, выполненной в виде рукава

30 (прозрачная упругоэластичная оболочка или полупрозрачная оболочка из нетканого материала типа акрил), соответственно на крышке 2 и днище 17 с помощью средств 23 и 24, выполненных в виде хомутов, концы которых стягиваются болтовым соединением. В емкость 1 в стерильных условиях устанавливают на оси 11 кольцевые

35 перегородки 12 и 13 и заполняют питательной средой, например отфильтрованной морской водой через патрубок 5 так, чтобы над поверхностью среды в верхней части емкости 1 под крышкой 2 оставалась полость для движения аэрирующего газа, кольцевая перегородка 12 с поплавками 14 располагалась в питательной среде у ее

40 поверхности, а кольцевая перегородка 13 с поплавками 15 - в средней части объема питательной среды, например так, как показано на фиг.1. Далее вводят посевную дозу фотосинтезирующих клеток микроорганизмов, например хлореллы (например, в количестве 0,1 г на 1 л питательной среды.), и включают привод вращения вентилятора (на фиг.1 не показан), который подает через патрубок 3 воздух,

45 обогащенный, например, углекислым газом (для хлореллы), в кольцевую полость 7 и далее через щели 10 тангенциально в емкость 1, а через патрубок 4 отработанный газ. Система обогащения воздуха углекислым газом на фиг.1 не показана. В зависимости от требований технологии устанавливают необходимое число оборотов крыльчатки

50 вентилятора. Над поверхностью суспензии клеток создается разрежение в приосевой зоне емкости 1 и повышенное давление на периферии этой емкости. Под действием перепада давления между периферией и приосевой зоной газовой полости над поверхностью суспензии клеток создается закрученный поток газа, который образует в культуральной жидкости турбулентное вращательное движение с интенсивным

перемешиванием вдоль оси емкости (с полем скорости потенциального вихря на периферии емкости и осевым противотоком в приосевой зоне и перепадом давления между периферией и центром вихря). Кольцевые перегородки 12 и 13 вращаются в ту же сторону и с той же угловой скоростью, что и культуральная жидкость и

5 удерживаются на плаву посредством поплавков 14 и 15. За счет установления в емкости нескольких кольцевых перегородок высота емкости 1 может превышать ее диаметр в 3-4 раза. В процессе культивирования газ аэрирует клетки на поверхности жидкости. В результате такой аэрации в культуральной жидкости не образуются

10 пузырьки газа и пена и не происходит травмирования клеток. Скорость движения газового вихря (3-6 м/с) не вызывает отрыв капель культуральной жидкости с ее поверхности, что также уменьшает травмирование клеток. Увеличение интенсивности движения восходящего и нисходящего потоков суспензии клеток обеспечивается за счет вращающихся кольцевых перегородок 12 и 13 и позволяет культивировать клетки

15 без застойных зон при высоте заполнения емкости 1 средой, равной или в несколько раз (3-4 раза) большей диаметра этой емкости. При этом обеспечиваются оптимальные условия культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов. Процесс ведут непрерывно до нарастания биомассы фотосинтезирующих

20 микроорганизмов, например водоросли хлореллы до 15-20 г на 1 л суспензии, после чего через полую ось 11 и патрубок 6 сливают часть суспензии (урожай), через патрубок 5 доливают свежую питательную среду и продолжают процесс культивирования. В дневное время суток (период около 10-11 часов) культивирование

25 ведут, используя естественное освещение вследствие того, что реактор находится в открытом водоеме, а крышка 2, стенка 22 емкости, перегородки 12 и 13 и поплавки 14 и 15 выполнены из оптически прозрачных материалов. После захода солнца (или в пасмурную погоду) включают источники 20 и 21 искусственного освещения. Поскольку источники 20 и 21 искусственного освещения находятся в газовых полостях

30 поплавков 14 и 15, а кольцевые перегородки 12 и 13 с поплавками 14 и 15 находятся в непрерывном вращательном движении, то указанные выше элементы не подвергаются обрастанию микроводорослями.

При таком конструктивном выполнении биореактора повышается выход биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов за счет повышения равномерности освещения

35 клеток микроорганизмов, возможности культивирования в больших емкостях, высота которых превышает их диаметр в несколько раз, и обеспечивается возможность культивирования этих микроорганизмов в реакторе непосредственно в водоеме, что значительно снижает энергозатраты на процесс поддержания температурного режима

40 культивирования. Съёмные одноразовые или многоразовые прозрачные оболочки упрощают процесс подготовки биореактора к работе, а многоразовые оболочки гораздо легче отмываются от наростов биомассы микроорганизмов, чем при отмывании стенок неразъемного реактора.

Преимущества заявляемого биореактора способа культивирования

45 фотосинтезирующих микроорганизмов перед известными аналогами состоят в следующем: организован такой массообмен, при котором не травмируются клетки микроорганизмов; эффективное и равномерное освещение всего объема суспензии; минимальное зарастание светопропускающих поверхностей и стенок реактора;

50 быстрая замена сменной стенки емкости реактора в случае ее обрастания микроорганизмами; минимальное пенообразование за счет газовихревого перемешивания; возможность культивирования различных, в том числе и без оболочных форм фотосинтезирующих микроорганизмов за счет пониженной

травмируемости клеток; возможность наработки крупнотоннажных объемов биомассы; минимальные энергозатраты за счет размещения реактора непосредственно в водоеме.

Промышленная применимость. Изобретение может быть использовано в биотехнологии, микробиологии, фармацевтике и сельском хозяйстве. Изготовлены промышленные образцы заявляемого биореактора реактора, которые используются для реализации заявляемого способа культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов.

Формула изобретения

1. Биореактор для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов, содержащий емкость (1) с крышкой (2) и устройство для перемешивания и аэрации микроорганизмов, включающее патрубки (3), (4) соответственно для подачи аэрирующего газа и отвода газообразной среды, размещенные в крышке (2) емкости, и выполненное с возможностью создания на поверхности суспензии закрученного потока аэрирующего газа с полем скорости потенциального вихря на периферии емкости (1) и осевым противотоком в приосевой зоне и перепадом давления между периферией и центром вихря и кольцевую перегородку (12) с открытыми снизу полыми поплавками (14), установленную в емкости (1) соосно ей на вертикальной оси (11) с возможностью вращения и возвратно-поступательного по ней перемещения с образованием зазора между стенкой емкости (1) и кольцевой перегородкой (12), отличающийся тем, что он снабжен средством (19) для удержания на плаву биореактора в жидкой среде природного или искусственного водоема при температуре воды, обеспечивающей благоприятный рост фотосинтезирующих микроорганизмов, источниками (20 и 21) искусственного освещения, установленными соответственно в полостях поплавков (14 и 15) кольцевых перегородок, и второй или несколькими кольцевыми перегородками (13), выполненными и установленными на той же вертикальной оси (11) идентично первой кольцевой перегородке (12) на расстоянии друг от друга, причем кольцевые перегородки (12 и 13) выполнены из оптически прозрачного материала и соединены посредством вертикальных стоек (16), а крышка (2) и емкость (1) биореактора выполнены из светопроницаемых материалов, причем крышка (2) имеет жесткую конструкцию, а емкость (1) выполнена в виде одноразовой или многоразовой съемной оболочки (22) и снабжена средствами (23 и 24) для ее крепления соответственно к крышке (2) и днищу (17) емкости биореактора.

2. Биореактор по п.1, отличающийся тем, что средство (19) для удержания реактора в жидкой среде на плаву выполнено в виде одного или нескольких понтонов, прикрепленных к крышке (2) емкости.

3. Биореактор по п.1, отличающийся тем, что оболочка (22) емкости (1) выполнена из мягкого оптически прозрачного упругоэластичного материала.

4. Биореактор по п.1, отличающийся тем, что оболочка (22) емкости (1) выполнена из мягкого водопроницаемого тканого или нетканого материала.

5. Способ культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов путем создания биохимических и физических условий для их роста в питательной среде в биореакторе, включая поддержание температурного режима процесса культивирования указанных микроорганизмов, отличающийся тем, что культивирование осуществляют посредством биореактора по п.1, а поддержание температурного режима процесса культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов осуществляют путем погружения и поддержания в плавучем состоянии биореактора в природном или

искусственном водоеме при температуре воды, обеспечивающей благоприятный рост фотосинтезирующих микроорганизмов в указанном водоеме, а в качестве питательной среды используют отфильтрованную воду указанного водоема, в котором расположен биореактор.

- 5 6. Способ культивирования по п.8, отличающийся тем, что температура воды в природном или искусственном водоеме составляет 4,0-98°C.

10

15

20

25

30

35

40

45

50