



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 128 701** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) МПК⁶ **C 12 M 3/02, A 01 G 33/00, C 12 N 1/12**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(21), (22) Заявка: 97106209/13, 17.04.1997

(46) Дата публикации: 10.04.1999

(56) Ссылки: 1. SU, авторское свидетельство, 1662442, A 01 G 33/00, 1991. 2. SU, авторское свидетельство, 1621823, A 01 G 33/00, 1991. 3. SU, авторское свидетельство, 1669979, C 12 M 3/02, 1991. 4. SU, авторское свидетельство, 1664836, C 12 M 3/02, 1991. 5. SU, авторское свидетельство, 1642965, A 01 G 33/00, 1991.

(98) Адрес для переписки:
111395, Москва Аллея 1-ой Маевки, 15, АОЗТ
"Бета"

(71) Заявитель:

Ашмаров Вячеслав Владимирович,
Баум Игорь Филиппович,
Баум Рудольф Филиппович

(72) Изобретатель: Ашмаров В.В.,
Баум И.Ф., Баум Р.Ф.

(73) Патентообладатель:

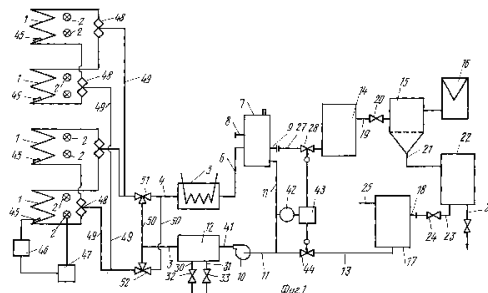
Ашмаров Вячеслав Владимирович,
Баум Игорь Филиппович,
Баум Рудольф Филиппович

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ БИОМАССЫ ФОТОАВТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ И УСТАНОВКА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к микробиологической, пищевой и медицинской промышленности. Способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов предусматривает их выращивание в замкнутом циркуляционном контуре при освещенности фотореакторов в начальной стадии процесса 6,0-8,0 клк и ее увеличении в установившемся режиме до 20-60 клк. Углекислый газ вводят в циркуляционный контур в смеси с воздухом или инертным газом, при этом его концентрация составляет 2-20 об.%. В процессе выращивания поддерживают постоянную концентрацию микроорганизмов в культуральной жидкости путем регулирования ее количества, отводимого из контура. Способ осуществляют в установке, выполненной в виде замкнутого циркуляционного контура, содержащего трубчатые светопрозрачные фотореакторы, теплообменник, десорбер, циркуляционный насос, средства ввода газа в культуральную жидкость и трубопровод подачи питательной среды. Средство ввода газа содержит камеру смешивания углекислого газа с воздухом или

инертным газом и эжектор для ввода смеси в жидкость, диффузор которого подключен к подводящему трубопроводу фотореакторов, а его корпус снабжен кольцевым коллектором, сообщенным с камерой смешивания и при помощи каналов с диффузором эжектора. Установка снабжена системой регулирования количества отбираемой культуральной жидкости и подаваемой питательной среды. Изобретение позволяет повысить выход биомассы и изменять ее качественные показатели в зависимости от требований потребителя. 2 с. и 2 з.п.ф-лы, 2 ил.





(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 128 701** ⁽¹³⁾ **C1**
(51) Int. Cl.⁶ **C 12 M 3/02, A 01 G 33/00, C 12 N 1/12**

RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 97106209/13, 17.04.1997

(46) Date of publication: 10.04.1999

(98) Mail address:
111395, Moskva Alleja 1-oj Maevki, 15, AOZT
"Veta"

(71) Applicant:
Ashmarov Vjacheslav Vladimirovich,
Baum Igor' Filippovich,
Baum Rudol'f Filippovich

(72) Inventor: Ashmarov V.V.,
Baum I.F., Baum R.F.

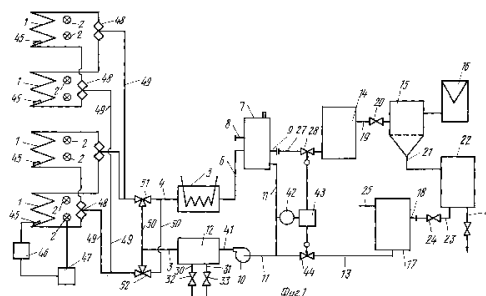
(73) Proprietor:
Ashmarov Vjacheslav Vladimirovich,
Baum Igor' Filippovich,
Baum Rudol'f Filippovich

(54) **METHOD AND INSTALLATION FOR PREPARING BIOMASS OF PHOTOAUTOTROPHIC MICROORGANISMS**

(57) Abstract:

FIELD: microbiological and food industries. SUBSTANCE: microorganisms are grown in closed flow circuit at illumination of photoreactors in initial stage of process with intensity 6.0-8.0 klux. Carbon dioxide is introduced into circuit in the mixture with air or inert gas, its concentration in the mixture being 2 to 20 vol %. During the growth, constant microorganism concentration in culture fluid is maintained by controlling its amount withdrawn from circuit. Method is implemented on installation constructed in the form of flow circuit containing tubular light-transparent photoreactors, heat exchanger, desorber, circulation pump, facility for supplying gas into culture fluid, and nutrient medium supply line. Gas-supply facility contains chamber for mixing carbon dioxide with air or inert gas and ejector to introduce mixture into culture fluid with diffuser connected to supply line of

photoreactors and casing provided with annular collector connected with mixing chamber and, through channels, with ejector diffuser. Installation is provided with system controlling amount of withdrawn culture fluid and nutrient medium supplied. EFFECT: increased yield of biomass and enabled variation of its quality characteristics in dependence of consumer's requirements. 3 cl, 2 dwg



Изобретение относится к микробиологической, пищевой и медицинской промышленности, в частности к получению биомассы хлореллы или спироулины.

Известен способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, спироулины, предусматривающий посев инокулята в минеральную среду, выращивание микроорганизмов в условиях постоянного освещения при 33-37 °C (SU, авт. св. N 1662442, A 01 G 33/00, 1991).

Известен способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, предусматривающий приготовление питательной среды с использованием сточных вод животноводческих комплексов, внесение в нее инокулята микроводорослей, культивирование их в накопительном режиме при перемешивании и освещении до максимального прироста биомассы. На первой стадии культивирование осуществляют до достижения рН в суспензионной культуре 9,4-9,6 и последующего культивирования в течение 12-24 ч при данном значении рН, после чего отстаивают суспензионную культуру для формирования коллоидального осадка, удаляют образовавшийся осадок и проводят вторую стадию культивирования (SU, авт. св. N 1621823, A 01 G 33/00, 1991).

Недостатки приведенных известных способов заключаются в низкой скорости выращиваемых культур микроорганизмов, низком выходе биомассы и в отсутствии стабильности состава получаемой биомассы.

Ближайшим техническим решением по предложенному способу является способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, предусматривающий подачу питательной среды в замкнутый циркуляционный контур установки, содержащий фотореакторы, введение в питательную среду инокулята и углекислого газа, выращивание микроорганизмов в процессе циркуляции в замкнутом контуре при освещении фотореакторов и отвод выращенной биомассы из контура (SU, авт. св. N 1642965, A 01 G 33/00, 1991).

Выращивание осуществляют на минеральной питательной среде с использованием в качестве источника углеродного питания углекислого газа. Выращивание микроорганизмов проводят в периодическом режиме. При завершении экспоненциальной фазы роста культуры отбирают часть суспензии, и вводят соответствующее количество минеральной питательной среды. Затем возобновляют рециркуляцию суспензии и повторяют выращивание культуры в периодическом режиме. Регулирование освещенности фотореакторов не предусмотрено.

Недостатком этого способа является то, что единственным компонентом газовой фазы, вводимым в суспензию растущей культуры, является углекислый газ. В результате процесса роста, происходящего при движении суспензии по длине фотореактора, в газовой фазе накапливается кислород, являющийся продуктом жизнедеятельности фотоавтотрофов, что приводит к увеличению его концентрации в газовой фазе при снижении концентрации углекислого газа. При этом кислород является ингибитором роста фотоавтотрофов,

приводящим к снижению скорости роста культуры, причем ингибирующее влияние кислорода начинает существенно проявляться при концентрациях кислорода выше 20-25% и приводит к прекращению роста культур фотоавтотрофов при концентрациях кислорода в газовой фазе выше 35-45%.

В результате время пребывания в фотореакторе ограничено этим фактором, а учитывая ограничения на допустимую скорость движения суспензии в трубах фотореактора, это ограничивает длину труб фотореакторов (полезный объем установки для культивирования). Превышение допустимого объема приводит к невозможности осуществления непрерывного процесса культивирования фотоавтотрофов.

Известна установка для получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, в частности микроводорослей, содержащая трубчатый фотореактор, систему циркуляции среды, включающую побудитель расхода, теплообменник и газообменник, соединенные последовательно и подключенные к фотореактору, и устройство для изменения скорости потока суспензии в зависимости от ее температуры, размещенное внутри трубчатого фотореактора (SU, авт. св. N 1669979, C 12 M 3/02, 1991).

Недостаток установки заключается в том, что введение в контур циркуляции дополнительного сопротивления для регулирования скорости циркуляции вызывает дополнительные энергозатраты на получение биомассы, превышающие положительный эффект дополнительной стабилизации температуры.

Известна установка для получения биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов, в частности цианобактерий, содержащая светопрозрачный трубчатый реактор в виде змеевика с патрубками для подвода и отвода суспензии микроорганизмов, источники света и емкость для питательной среды, сообщенную с реактором, при этом витки змеевика образуют вертикальный цилиндр, а источники света установлены внутри и снаружи этого цилиндра (SU, авт. св. N 1664836, C 12 M 3/02, 1991).

Недостаток этой установки заключается в том, что она позволяет обеспечивать низкую скорость выращиваемых микроорганизмов и не может быть масштабирована на условия массового производства биомассы фотоавтотрофов.

Ближайшим техническим решением к предложенной установке является установка для получения биомассы фотосинтезирующих микроорганизмов, выполненная в виде замкнутого циркуляционного контура, включающего трубчатые светопрозрачные фотореакторы, снабженные источниками света и подводными и отводящими трубопроводами с регулирующими клапанами, подключенный к ним теплообменник, десорбер с патрубками подачи инокулята и отвода культуральной жидкости, циркуляционный насос, связанный трубопроводом с десорбером, средство ввода газа в циркулирующую суспензию и трубопровод подачи питательной среды (SU, авт. св. N 1642965, A 01 G 33/00, 1991).

Недостатком этой установки и способа культивирования, для которого она предназначена, является то, что единственным компонентом газовой фазы, поступающей на вход фотореактора является углекислый газ, поэтому образующийся в процессе культивирования кислород быстро достигает ингибирующих концентраций, что приводит к снижению скорости роста культуры микроорганизмов, нарушает стабильность процесса и как следствие - производительность процесса культивирования.

Кроме того, подача газовой фазы на всасывающую линию побудителя расхода снижает производительность побудителя расхода и повышает энергетические затраты процесса культивирования.

Технический результат изобретения в части как способа, так и установки заключается в повышении выхода биомассы и возможности изменения ее состава и использования таким образом полученной биомассы для получения различных биологически активных продуктов.

Для достижения этого результата в предложенном способе получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, преимущественно спироулины, предусматривающем подачу питательной среды в замкнутой циркуляционный контур установки, содержащей фотореакторы, введение в питательную среду инокулята и углекислого газа, выращивание микроорганизмов в процессе циркуляции в замкнутом контуре при освещении фотореакторов и отвод выращенной биомассы из контура, выращивание ведут при освещенности фотореакторов в начальной стадии 6,0 - 8,0 клк и последующем ее увеличением в установившемся режиме до 20 - 60 клк, углекислый газ вводят в циркуляционный контур в смеси с воздухом или инертным газом с концентрацией его в смеси 2 - 20 об.%, при этом в процессе непрерывного выращивания поддерживают постоянную концентрацию микроорганизмов в культуральной жидкости путем регулирования количества биомассы, отводимой из циркуляционного контура.

Следует отделять биомассу от культуральной жидкости. Последнюю используют для приготовления питательной среды.

Для достижения указанного технического результата в установке для получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, выполненной в виде замкнутого циркуляционного контура, включающего трубчатые светопрозрачные реакторы, снабженные источниками света и подводным и отводящим трубопроводами, подключенный к ним теплообменник, десорбер с патрубками подачи инокулята и отвода культуральной жидкости, циркуляционный насос, связанный трубопроводом с десорбером, средство ввода газа в циркулируемую культуральную жидкость и трубопровод подачи питательной среды, указанное средство ввода газа содержит камеру смешивания углекислого газа с воздухом или инертным газом и эжектор для ввода газовой смеси в культуральную жидкость, конфузор которого подключен к напорному патрубку

циркуляционного насоса, а его корпус снабжен кольцевым коллектором, сообщенным с камерой смешивания и при помощи каналов с диффузором эжектора, при этом последний подключен к подводному трубопроводу фотореакторов.

Установка снабжена системой регулирования количества отбираемой культуральной жидкости и подаваемой питательной среды, содержащей датчик концентрации микроорганизмов в жидкости, регулятор и связанные с ним клапаны, установленные на трубопроводах подачи питательной среды и на патрубке отбора культуральной жидкости из десорбера, а также системой регулирования освещенности фотореакторов, содержащей датчики освещенности фотореакторов, установленные на трубах фотореакторов, регулятор и исполнительный механизм для включения источников света.

Установку следует снабдить сборником отбираемой культуральной жидкости, устройством выделения биомассы из культуральной жидкости, сушилкой, сборником питательной среды, снабженным патрубком для подвода полученной при выделении биомассы отработанной культуральной жидкости.

Способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, преимущественно спироулины, заключается в следующем.

Подают минеральную питательную среду в замкнутый циркуляционный контур установки, включающий фотореакторы, и вводят в питательную среду инокулят.

В качестве газового питания используют смесь углекислого газа с воздухом или инертным газом, в частности азотом. Концентрация углекислого газа в смеси составляет 2 - 20 об. %.

Смесь газов вводят в циркуляционный контур. Питательная среда содержит хлористый натрий, карбонат натрия, азот, фосфор, калий, магний, железо и микроэлементы. Доводят pH и температуру среды до рабочего значения.

После введения инокулята включают освещение фотореакторов таким образом, чтобы обеспечить освещенность их стенок, равную 6,0 - 8,0 клк, и осуществляют непрерывную подачу в циркулируемую среду газовой смеси.

В зависимости от требуемого качества готового продукта (состава выращенной биомассы микроорганизмов) устанавливают необходимую концентрацию углекислого газа в смеси в интервале 2 - 20 об.%. В процессе циркуляции культуральной жидкости происходит рост микроорганизмов.

При достижении заданного уровня концентрации микроорганизмов осуществляют переход на непрерывный процесс, заключающийся в непрерывном отборе культуральной жидкости из циркуляционного контура и соответствующей подаче в указанный контур минеральной питательной среды при поддержании заданного объема среды культивирования в циркуляционном контуре. При этом величину отбираемого потока культуральной жидкости устанавливают и корректируют в течение непрерывного процесса таким образом, чтобы концентрация микроорганизмов в

циркуляционном контуре поддерживалась на постоянном уровне.

Установлено, что изменение освещенности в диапазоне 20 - 60 клк помимо изменения скорости роста культуры приводит к изменению содержания хлорофилла в биомассе фотоавтотрофов, при этом содержание хлорофилла в биомассе при освещенности 20 клк в 1,6 раза больше, чем при освещенности 60 клк. В то же время содержание бета-каротина увеличивается в 1,25 раз при изменении освещенности с 60 до 20 клк.

Изменение содержания углекислого газа в составе газовой смеси влияет на содержание полиненасыщенных жирных кислот. При изменении содержания углекислого газа в газовой смеси с 2 до 20% содержание полиненасыщенных жирных кислот увеличивается в 1,7 раз. При концентрации углекислого газа в газовой смеси ниже 2%, как и при освещенности ниже 6 клк процессы фотосинтеза практически отсутствуют. Содержание углекислого газа выше 20% и освещенности выше 60 клк экономически не оправдано.

Установлено также, что в трубчатых фотореакторах существует оптимальная концентрация биомассы в процессе выращивания, превышение которой приводит к неравномерности освещенности культуральной жидкости по радиусу труб фотореактора и, как следствие, к снижению стабильности процесса непрерывного выращивания и стабильности состава биомассы. Снижение концентрации биомассы ниже оптимального уровня приводит к снижению выхода биомассы. Для труб фотореактора диаметром 40 мм при выращивании спирулины оптимальная концентрация биомассы в культуральной жидкости составляет 3 г/л.

Отбираемую из циркуляционного контура культуральную жидкость сгущают до необходимой концентрации. Концентрат биомассы промывают раствором хлористого натрия, повторно концентрируют и сушат.

Отделенная в результате сгущения отработанная культуральная жидкость представляет собой раствор неиспользованных в процессе культивирования компонентов минеральной питательной среды и продуктов метаболизма выращиваемых микроорганизмов. Этот раствор используют для приготовления минеральной питательной среды, используемой в процессе выращивания микроорганизмов, путем корректировки состава (добавление воды и доведение концентраций минеральных компонентов до исходного уровня). Полученная после сгущения среда выращивания может составлять до 95% в составе минеральной питательной среды, подаваемой в циркуляционный контур. Практически осуществляют полное повторное использование среды без снижения выхода биомассы.

Пример. В установку для культивирования фотоавтотрофов, представляющую собой замкнутый циркуляционный контур, содержащий фотореакторы подают 100 л минеральной питательной среды Зарука следующего состава (г/л):

NaHCO₃ - 16,8

NaNO₃ - 6,0

NaCl - 2,0

K₂HPO₄ - 0,5

K₂SO₄ - 1,0

MgSO₄ - 0,2

Железо хлорное - 2,0

Раствор микроэлементов - 1,0 мл

Состав раствора микроэлементов (г/л):

H₃BO₃ - 2,860

MnCl₂•4H₂O - 1,810

ZnSO₄•7H₂O - 0,222

NH₄VO₃ - 0,023

(NH₄)₂MoO₄ - 0,023

NiSO₄•7H₂O - 0,048

CoCl₂•6H₂O - 0,044

CuSO₄•5H₂O - 0,080

K₂Cr₂(SO₄)₄•24H₂O - 0,096

После нагревания среды до 36 °С при циркуляции среды в теплообменнике, входящем в контур циркуляции, и достижения pH 8,5 путем добавления раствора KOH в питательную среду вводят инокулят *Spirulina platensis* в количестве, обеспечивающем концентрацию микроорганизмов в среде на уровне 0,5 г/л. После введения инокулята включают подачу газовой смеси воздуха и углекислого газа с концентрацией углекислого газа в смеси 10 об.%. Количество газовой смеси устанавливают на уровне 500 л/ч.

Одновременно включают источники света и устанавливают освещенность стенок фотореактора на уровне 6 клк.

В процессе культивирования стабилизируют pH и температуру суспензии в циркуляционном контуре.

Через 40 ч культивирования концентрация микроорганизмов достигает 3 г/л. Отбирают суспензию из циркуляционного контура в количестве 5 л/ч. Одновременно подают минеральную питательную среду в циркуляционный контур в таком же количестве 5 л/ч.

Одновременно увеличивают освещенность фотореакторов до 60 клк для обеспечения максимальной производительности.

Непрерывный процесс осуществляют в течение 20 суток. При этом скорость отбора биомассы изменяют в пределах от 4,4 до 5,4 л/ч при поддержании концентрации биомассы 3 г/л. Качественный состав биомассы не изменяют в процессе культивирования в течение всего процесса выращивания.

Выход биомассы составляет 0,15 г/л•ч.

Она содержит 0,8% хлорофилла, 0,3% каротиноидов, 5,0% жирных кислот. Качество биомассы позволяет использовать ее для получения биологически активных продуктов.

Для сравнения проводят контрольный опыт, в котором вместо смеси углекислого газа с воздухом подают только углекислый газ в количестве, равном количеству углекислого газа в смеси. Все остальные параметры процесса поддерживают одинаковыми. В результате время достижения заданной концентрации микроорганизмов составляет 50 ч. В непрерывном процессе скорость отбора суспензии из контура циркуляции для поддержания заданного уровня концентрации биомассы изменяют в пределах от 2 до 4,1 л/ч. Выход биомассы в контрольном опыте составляет 0,10 г/л•ч.

На фиг. 1 схематично изображена

установка для выращивания фотоавтотрофов, в частности цианобактерий рода *Spirulina*, общий вид; на фиг. 2 - средство ввода газа продольный разрез.

Установка для получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов выполнена в виде замкнутого циркуляционного контура, который включает трубчатые светопрозрачные фотореакторы 1, снабженные источниками света 2 и подводным 3 и отводящим 4 трубопроводами, подключенный к отводящему трубопроводу теплообменник 5, связанный с ним при помощи циркуляционного трубопровода 6 десорбер 7 с патрубками 8 и 9 подачи инокулята и отвода культуральной жидкости, циркуляционный насос 10, связанный трубопроводом 11 с десорбером, средство 12 ввода газа в циркулируемую культуральную жидкость и трубопровод 13 подачи питательной среды. Установка также содержит сборник 14 отбираемой культуральной жидкости, устройство 15 выделения биомассы из последней, например, нутч-фильтр периодического действия, сушилку 16 и сборник 17 питательной среды, снабженный патрубком 18 для подвода полученной при выделении биомассы отработанной культуральной жидкости.

Сборник 14 при помощи трубопровода 19 с запорным вентилем 20 связан с устройством 15 выделения биомассы, а последнее при помощи трубопровода 21 со сборником 22 отработанной культуральной жидкости, который в свою очередь связан трубопроводом 23 с клапаном 24 со сборником 17 питательной среды, снабженным патрубком 25 подвода свежей питательной среды. Сборник 22 имеет патрубок 26 для сброса неиспользованной части отработанной культуральной жидкости.

Десорбер 7 при помощи патрубка 9 трубопровода 27 с регулирующим клапаном 28 связан со - сборником 14.

Средство 12 ввода газа в циркулируемую культуральную жидкость (фиг. 2) содержит камеру 29 смешивания углекислого газа с воздухом или инертным газом, снабженную подводным их патрубками 30 и 31 с регулирующими клапанами 32 и 33, и эжектор 34 для ввода газовой смеси в жидкость, диффузор 35 которого подключен к подводному трубопроводу фотореакторов, а его корпус снабжен кольцевым коллектором 36, сообщенным с камерой смешивания 29 при помощи патрубка 37 и трубопровода 38 и при помощи наклонно расположенных в корпусе каналов 39 с расширяющейся частью диффузора 35 эжектора. Конфузор 40 эжектора подключен к напорному патрубку 41 циркуляционного насоса 10.

Установка снабжена системой регулирования количества отбираемой культуральной жидкости и подаваемой питательной среды, содержащей датчик 42 концентрации микроорганизмов в жидкости, регулятор 43 и связанные с ним клапан 44, установленный на трубопроводе 13 подачи питательной среды, и клапан 28 на трубопроводе 27 отбора культуральной жидкости из десорбера 7, а также системой регулирования освещенности фотореакторов, содержащей датчики 45 их освещенности, установленные на трубах фотореакторов,

регулятор 46 и исполнительный механизм 47 для включения источников света.

Фотореакторы снабжены устройством очистки внутренних стенок фотореакторов, включающем пыжеуловители 48, распределительные трубопроводы 49, трубопроводы 50 для изменения направления потока культуральной жидкости в фотореакторах и трехходовые реверсирующие вентили 51 и 52, соединенные с подводным 3 и отводящим 5 трубопроводами, с распределительными трубопроводами 49 и трубопроводами 50.

Установка снабжена также контурами регулирования pH и температуры циркулируемой культуральной жидкости (на чертеже не показаны).

Установка, реализующая предлагаемый способ, работает следующим образом.

Заполнение установки раствором питательной среды проводят через трубопровод 13 из емкости 17. При этом трехходовые вентили 51 и 52 устанавливают в положение, обеспечивающее заполнение всей циркуляционной системы до заданного уровня. При достижении заданного уровня через патрубок 8 вводят инокулят в десорбер 7, и вентили 51 и 52 устанавливают в положение, обеспечивающее циркуляцию в контуре, которую начинают включением циркуляционного насоса 10.

Одновременно с введением инокулята через регулятор 46 исполнительным механизмом 47 включают освещение фотореакторов, обеспечивая освещенность на уровне 6-8 клк по показаниям датчиков освещенности 45.

При работающем насосе 10 при прохождении культуральной жидкости через эжектор 34 устройства ввода газа 12 по каналам 39 в культуральную жидкость поступает газовая смесь из газовой камеры 29. Состав газовой смеси регулируют клапанами 32 и 33 подачи воздуха (инертного газа) и углекислого газа в газовую камеру 29.

Газожидкостная смесь поступает на вход фотореакторов 1. Выходящая из фотореакторов культуральная жидкость через теплообменник 5 поступает в десорбер 7, где из нее удаляется газовая фаза, в том числе кислород. Дегазированная культуральная жидкость насосом 10 через устройство ввода газа 12 по трубопроводу 3 поступает в фотореакторы 1, обеспечивая непрерывную циркуляцию культуральной жидкости.

После установления заданной температуры культуральной жидкости начинается процесс периодического культивирования фотоавтотрофов.

При достижении необходимого уровня концентрации биомассы, определяемого датчиком 42 концентрации биомассы, автоматически включается клапан 28 отбора суспензии из циркуляционного контура в приемную емкость 14. Величину потока отбираемой культуральной жидкости регулируют автоматически по показаниям датчика концентрации биомассы 42.

Одновременно включается клапан 44 подачи питательной среды, тем самым осуществляя переход на непрерывный процесс культивирования.

При переходе на непрерывный процесс регулятором 46 устанавливают освещенность процесса культивирования в фотореакторах

на уровне 40-60 клк и концентрацию углекислого газа в газовой смеси на уровне 2-20 об.% клапанами 32 и 33.

При достижении заданного уровня культуральной жидкости в приемной емкости 14 осуществляют ее подачу в устройство выделения биомассы 15, отбираемую из этого устройства отработанную питательную среду по трубопроводу 21 собирают в емкость 22, из которой в заданной пропорции с свежей питательной средой подают в емкость 17. В установившемся процессе получения биомассы количество отработанной культуральной жидкости в составе питательной среды в емкости 17 составляет до 95%.

Концентрат биомассы, отбираемый с устройства выделения биомассы, промывают, повторно концентрируют, сушат на сушилке 16.

По заданной программе производят периодическую очистку стенок фотореакторов 1 путем прогонки по ним пыжей из одного пыжеуловителя 48 в другой посредством переключения трехходовых вентилей 51 и 52, изменяя направление потока культуральной жидкости в трубах фотореакторов 1.

Предложенный способ получения биомассы и установка для его осуществления по сравнению с известным способом и установкой позволяют получить более высокий выход биомассы с единицы объема циркуляционного контура за счет повышения скорости роста культуры, достигаемой за счет снижения ингибирующего влияния кислорода, а также путем обеспечения стабильного непрерывного процесса. Изменение освещенности и содержания углекислого газа в газовой фазе позволяют изменять качество биомассы в зависимости от требований отребителя. Возврат отработанной культуральной жидкости снижает расход химикатов и уменьшает затраты на очистные сооружения.

Формула изобретения:

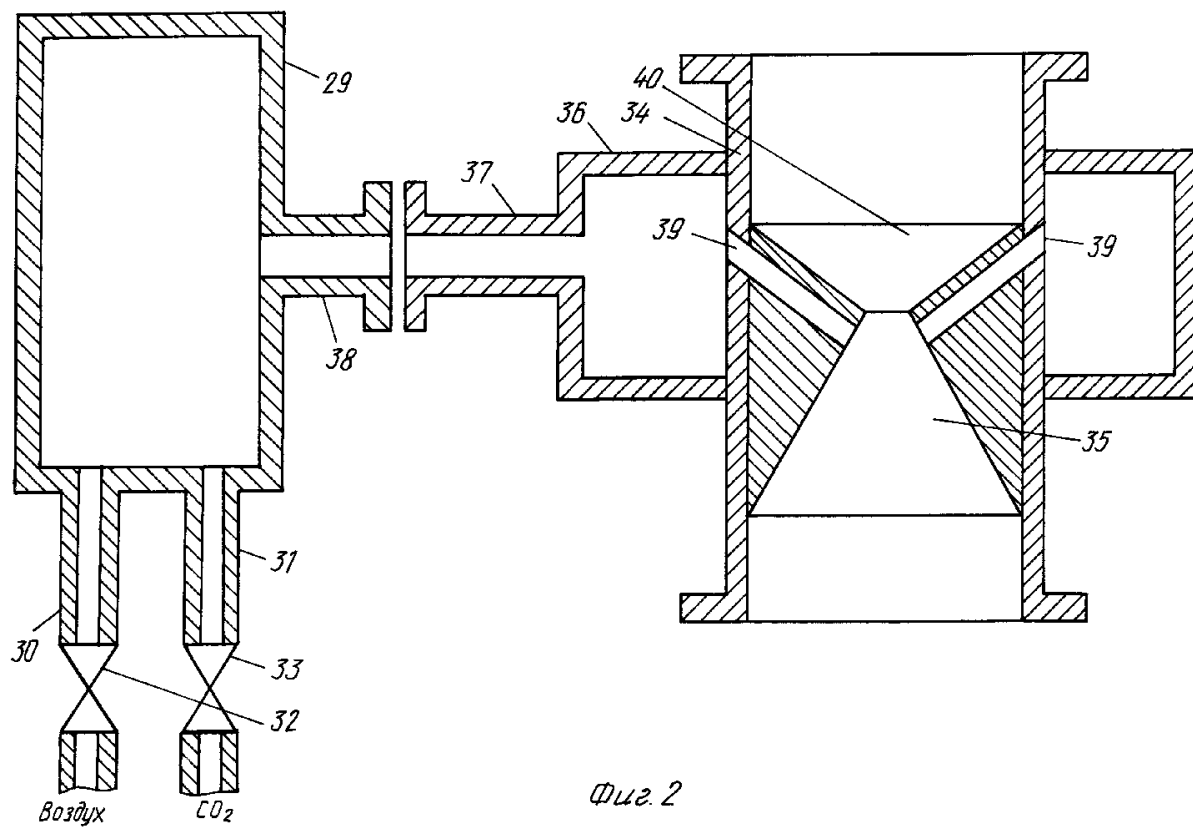
1. Способ получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, преимущественно спиролины, предусматривающие подачу питательной среды в замкнутый циркуляционный контур установки, содержащей фотореакторы, введение в питательную среду инокулята и углекислого газа, выращивание микроорганизмов в процессе циркуляции в замкнутом контуре при освещении фотореакторов и отвод культуральной жидкости из контура, отличающийся тем, что выращивание ведут при освещенности фотореакторов в начальной стадии процесса 6,0 - 8,0 клк и последующим ее увеличением в установившемся режиме до 20 - 60 клк, а

углекислый газ вводят в циркуляционный контур в смеси с воздухом или инертным газом, при этом концентрация его в смеси составляет 2 - 20 об.%, причем в процессе непрерывного выращивания поддерживают постоянную концентрацию микроорганизмов в культуральной жидкости путем регулирования ее количества, отводимого из циркуляционного контура.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что выделяют биомассу из культуральной жидкости и последнюю используют для приготовления минеральной питательной среды.

3. Установка для получения биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, выполненная в виде замкнутого циркуляционного контура, включающего трубчатые светопрозрачные фотореакторы, снабженные источниками света и подводящим и отводящим трубопроводами, подключенный к ним теплообменник, десорбер с патрубками подачи инокулята и отвода культуральной жидкости, циркуляционный насос, связанный трубопроводом с десорбером, средство ввода газа в циркулируемую культуральную жидкость, трубопровод подачи питательной среды, отличающаяся тем, что указанное средство ввода газа содержит камеру смешивания углекислого газа с воздухом или инертным газом и эжектор для ввода газовой смеси в культуральную жидкость, конфузор которого подключен к напорному патрубку циркуляционного насоса, а его корпус снабжен кольцевым коллектором, сообщенным с камерой смешивания и при помощи каналов с диффузором эжектора, при этом последний подключен к подводящим трубопроводам фотореакторов, причем установка снабжена системой регулирования количества отбираемой культуральной жидкости и подаваемой питательной среды, содержащей датчик концентрации микроорганизмов в жидкости, регулятор и связанные с ним клапаны, установленные на трубопроводах подачи питательной среды и на патрубке отбора культуральной жидкости из десорбера, а также системой регулирования освещенности фотореакторов, содержащей датчики их освещенности, установленные на трубах фотореакторов, регулятор и исполнительный механизм для включения источников света.

4. Установка по п.3, отличающаяся тем, что она снабжена сборником отбираемой культуральной жидкости, устройством выделения биомассы из суспензии, сушилкой, сборником питательной среды, снабженным патрубком для подвода полученной при выделении биомассы отработанной питательной среды.



Фиг. 2