

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014153348/10, 29.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.12.2014

(45) Опубликовано: 10.03.2016 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2458147 C2, 10.08.2012. RU 2458147
C2, 10.06.2013. RU 2128701 C1, 10.04.1999. WO
2010131234 A1, 18.11.2010..

Адрес для переписки:

394036, Воронежская обл., г. Воронеж, пр-кт
Революции, 19, ФГБОУ ВО "ВГУИТ", Отдел
интеллектуальной собственности, Шахову С.В.

(72) Автор(ы):

Шевцов Александр Анатольевич (RU),
Тертычная Татьяна Николаевна (RU),
Дранников Алексей Викторович (RU),
Шабунина Елена Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Воронежский государственный
университет инженерных технологий"
(ФГБОУ ВО "ВГУИТ"). (RU)

(54) СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ ФОТОАВТОТРОФНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области биохимии. Предложен способ производства биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов. Способ включает приготовление жидкого посевного материала в инокуляторе при непрерывном освещении и аэрацией углекислым газом с последующей подачей полученной культуры в ферментер. Выращивание биомассы в ферментере проводят при пленочном истечении жидкости в прозрачных трубках с одновременным освещением лампой и аэрацией углекислым газом

и отводом готовой культуры микроорганизмов в сборник готовой культуры. Из сборника биомассу направляют в распылительную сушилку, где осуществляют ее сушку теплым воздухом и получают готовый продукт в порошкообразном виде с содержанием сухих веществ 95...97%. Изобретение обеспечивает увеличение выхода биомассы, снижение удельных энергозатрат, обеспечение экологической безопасности, повышение качества и увеличение сроков хранения готовой продукции. 1 ил.

RU 2 577 150 C1

RU 2 577 150 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 577 150** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

C12N 1/12 (2006.01)

C12Q 3/00 (2006.01)

C12M 1/36 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: 2014153348/10, 29.12.2014

(24) Effective date for property rights:
29.12.2014

Priority:

(22) Date of filing: 29.12.2014

(45) Date of publication: 10.03.2016 Bull. № 7

Mail address:

394036, Voronezhskaja obl., g. Voronezh, pr-kt
Revoljutsii, 19, FGBOU VO "VGUIT", Otdel
intellektualnoj sobstvennosti, SHakhovu S.V.

(72) Inventor(s):

SHevtsov Aleksandr Anatolevich (RU),
Tertychnaja Tatjana Nikolaevna (RU),
Drannikov Aleksej Viktorovich (RU),
SHabunina Elena Aleksandrovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Voronezhskij gosudarstvennyj
universitet inzhenernykh tekhnologij" (FGBOU
VO "VGUIT"). (RU)

(54) METHOD OF PRODUCTION OF BIOMASS OF PHOTOAUTOTROPHIC MICROORGANISMS

(57) Abstract:

FIELD: biotechnologies.

SUBSTANCE: method of production of a biomass of photoautotrophic microorganisms is offered. The method includes the preparation of liquid inoculum in an inoculator at continuous lighting and aeration by carbon dioxide with the subsequent supply of the obtained culture into the fermenter. Cultivation of the biomass in the fermenter is performed with the film-size flow of liquid in transparent tubes with simultaneous lighting by a lamp and aeration by carbon dioxide and supply of the ready culture of

microorganisms into the ready culture collector. From the collector the biomass is supplied to the spray dryer where it is dried by warm air and the ready-made product is obtained in a powdery form with the content of solids of 95...97%.

EFFECT: increase of the yield of the biomass, decrease of specific energy consumption, ensuring ecological safety, improvement of quality and increase of periods of storage of the finished product.

1 dwg

RU 2 577 150 C 1

RU 2 577 150 C 1

Изобретение относится к микробиологической промышленности и может быть использовано в процессе аэробной ферментации при выращивании культур фотоавтотрофных микроорганизмов.

Известен способ производства биомассы аэробных микроорганизмов [Патент РФ №2322488 С2, С12N 1/00, С12М 1/00. Способ производства биомассы аэробных микроорганизмов / Зимин Б.А. Опубл. 20.04.2008. Бюл. № 9], предусматривающий насыщение культуральной жидкости аэрирующим агентом, в качестве которого используют воздух, с отводом отработанного воздуха и культуральной жидкости с накопленной биомассой.

Данный способ не позволяет получить высокий выход биомассы, так как отсутствует система подготовки энергоносителей, в частности «теплой» и «холодной» воды в замкнутом термодинамическом цикле с использованием парозежкторной холодильной машины, работающей в режиме теплового насоса, для стабилизации температурных режимов при приготовлении жидкой посевной культуры в инокуляторе и при непосредственном выращивании культуры микроорганизмов в ферментере. Не предусмотрено охлаждение полученной культуры в приемных сборниках, что может привести к снижению качества готовой продукции, а следовательно, известный способ не рассматривается как энергетически эффективный и экологически безопасный.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому эффекту к предлагаемому является способ производства биомассы аэробных микроорганизмов [Патент РФ 2484129, МПК⁷ С12М 1/00, С12N 1/00, С 12М 1/36. Способ производства биомассы аэробных микроорганизмов / Корнеева О.С., Шевцов А.А., Черемушкина И.В., Мажулина И.В., Черенков Д.А.; заявитель и патентообладатель ВГУИТ. - № 2012118115/10; заявл. 03.05.2012; опубл. 10.06.2013; Бюл. № 16], предусматривающий подготовку жидкого посевного материала сначала в инокуляторе, а затем в ферментере с отводом готовой культуры микроорганизмов в сборники готовой культуры с системой охлаждения; причем для подготовки «холодной» и «теплой» воды используют парозежкторную холодильную машину, при этом «холодную» воду с температурой 7...10°C подают в охлаждающую рубашку инокулятора и систему охлаждения сборников готовой культуры; а «теплую» воду с 37...47°C температурой в обогревающую рубашку ферментера.

Однако данный способ имеет следующие недостатки:

- не предусмотрена компенсация теплоты от источников света как в инокуляторе, так и в биореакторе, что сказывается на выходе получаемой биомассы;
- высокие энергозатраты, что повышает себестоимость готовой продукции, поскольку не предусмотрен автономный отвод отработанных теплоносителей различных температурных потенциалов без их непосредственного смешивания в рециркуляционных потоках;
- небольшой срок хранения, так как целевой продукт получают во влажном виде;
- не позволяет рассматривать известный способ как энергоэффективный и экологически безопасный, поскольку в нем не реализованы условия рециркуляции теплоносителя с возможностью его осушения в замкнутом термодинамическом цикле.

Технической задачей изобретения является увеличение выхода биомассы за счет повышения интенсивности массообмена при культивировании, снижение удельных энергозатрат, обеспечение экологической безопасности на всех стадиях производства биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, повышение качества и увеличение сроков хранения готовой продукции.

Для решения технической задачи изобретения предложен способ производства

биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, характеризующийся тем, что сначала готовят жидкий посевной материал в инокуляторе при непрерывном его освещении источником света и аэрацией углекислым газом с последующей подачей полученной культуры насосом в ферментер, который представляет собой пленочный

5 фотобиореактор, содержащий секции охлаждения и нагрева, прозрачные трубки, лампу, коллектор и барботер, причем в фотобиореакторе выращивание биомассы проводят при пленочном истечении жидкости в прозрачных трубках с одновременным освещением лампой и аэрацией углекислым газом, который подают в трубки и слой жидкости с помощью коллектора и барботера с отводом готовой культуры микроорганизмов в
10 сборник готовой культуры, снабженный системой охлаждения, из которого биомассу направляют в распылительную сушилку, где осуществляют ее сушку теплым воздухом и получают готовый продукт в порошкообразном виде с содержанием сухих веществ 95...97%; для подготовки холодной и горячей воды используют парожекторную холодильную машину, работающую в режиме теплового насоса, состоящую из эжектора, испарителя, холодоприемника, конденсатора, терморегулирующего вентиля, сборника
15 отработанной воды, парогенератора с электронагревательными элементами и предохранительным клапаном, насоса подачи воды в парогенератор, насоса рециркуляции хладагента через холодоприемник, работающих по замкнутому термодинамическому циклу; получают рабочий пар в парогенераторе и подают его
20 под давлением 0,05...0,06 МПа в сопло эжектора, причем выходящие из испарителя эжектируемые пары хладагента, в качестве которого используют воду, из испарителя и создают в нем пониженное давление 0,0009...0,001 МПа с температурой кипения хладагента 4...7°C; полученную в холодоприемнике парожекторной холодильной машины «холодную» воду с температурой 7...10°C, подают в охлаждающую рубашку
25 инокулятора, систему охлаждения сборника готовой культуры и в теплообменник для охлаждения воздуха перед подачей его в секцию охлаждения пленочного фотобиореактора для компенсации теплоты, выделяемой лампой, отработанную «холодную» воду из охлаждающей рубашки инокулятора вместе с отработанной «холодной» водой из системы охлаждения сборника готовой культуры и теплообменника
30 подают в сборник отработанной «холодной воды» с образованием замкнутого цикла; в конденсаторе парожекторной холодильной машины получают «теплую» воду с температурой 37...47 °C и разделяют ее на две части, одну из которых направляют в теплообменник для нагрева воздуха перед подачей его в распылительную сушилку, а другую - в секцию нагрева пленочного фотобиореактора для поддержания в нем
35 оптимальной температуры выращивания биомассы, при этом отработанный воздух из распылительной сушилки подают в холодоприемник парожекторной холодильной машины для конденсации водяных паров и далее обратно в распылительную сушилку с образованием замкнутого цикла, а отработанную «теплую» воду после секции нагрева фотобиореактора вместе с отработанной «теплой» водой из теплообменника направляют
40 в сборник отработанной «теплой» воды также с образованием замкнутого цикла; пополняют убыль воды в испарителе; вывод отработанной «холодной» воды из сборника «холодной» воды в холодоприемник парожекторной холодильной машины и вывод отработанной «теплой» воды из сборника отработанной «теплой» воды направляют на пополнение убыли воды в парогенераторе и в конденсаторе парожекторной
45 холодильной машины с образованием замкнутого цикла.

На фиг.1 представлена схема, реализующая предлагаемый способ.

Схема содержит инокулятор 1 с охлаждающей рубашкой 2, устройством перемешивания 3, устройством аэрации 4, источником света 5; пленочный

фотобиореактор 6 с прозрачными трубками 7, лампой 8, секциями охлаждения 9 и нагрева 10, коллектором 11, барботером 12; сборник готовой продукции 13 с охлаждающей рубашкой 14; распылительную сушилку 15 с распылительным диском 16; эжектор 17; конденсатор 18; испаритель 19; холодоприемник 20; циркуляционный насос 21; терморегулирующий клапан 22; парогенератор 23; электронагревательные элементы 24; предохранительный клапан 25; сборники отработанной «холодной» 26 и «теплой» 27 воды; насосы 28, 29, 30, 31; вентиляторы 32, 33, 34; теплообменники 35, 36; линии материальных потоков:

0.1 - подачи углекислого газа в инокулятор и фотобиореактор;

0.2 - отвода отработанного углекислого газа;

0.3 - рециркуляции охлажденного воздуха в секции охлаждения фотобиореактора через теплообменник 35;

0.4 - кондиционированного и подогретого воздуха в распылительную сушилку через теплообменник 36;

0.5 - отработанного воздуха из распылительной сушилки в холодоприемник 20;

1.0 - подачи «холодной» воды из холодоприемника 20 одновременно в охлаждающую рубашку 2 инокулятора 1, в теплообменник 35 и систему охлаждения 14 сборника готовой продукции 13;

1.1 - отвода отработанной «холодной» воды из охлаждающей рубашки 2 инокулятора 1, из теплообменника 35 и охлаждающей рубашки 14 сборника готовой продукции 13 в сборник отработанной «холодной» воды 26 с последующим возвратом с помощью насоса 30 в холодоприемник 20;

1.2 - рециркуляции хладагента (воды) через холодоприемник;

1.3 - отвода отработанной «теплой» воды из секции нагрева 10 фотобиореактора и теплообменника 36 в сборник отработанной «теплой» воды;

1.4 - подачи «теплой» воды из конденсатора 18 в секцию нагрева 10 фотобиореактора и в теплообменник 36;

1.5 - подачи «теплой» воды из сборника «теплой» воды 27 в парогенератор 23 и в конденсатор 18;

1.6 - подачи «теплой» воды из сборника «теплой» воды 27 в конденсатор 18;

2.0 - подачи рабочего пара в эжектор 17;

2.1 - сброса давления пара в парогенераторе 23;

2.2 - отвода эжектируемого пара хладагента (воды) из испарителя 19;

2.3 - подачи смеси рабочего и эжектируемого паров из эжектора 17 в конденсатор 18;

2.4 - отвода конденсата смеси рабочего и эжектируемого паров из конденсатора 18 в испаритель 19 и в сборник «теплой» воды 27;

3.1 - подачи питательной среды в инокулятор 1 и фотобиореактор 6;

3.2 - подачи посевного материала в инокулятор 1 и фотобиореактор 6;

3.3 - отвода жидкой посевной культуры из инокулятора 1 в фотобиореактор 6;

3.4 - подачи готовой культуры микроорганизмов из фотобиореактора 6 в сборник готовой культуры 13;

3.5 - подачи готовой культуры микроорганизмов в распылительную сушилку 15;

3.6 - отвода готового продукта в порошкообразном виде из сушилки 15.

Способ осуществляют следующим образом.

Технологический цикл производства биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов начинают с приготовления жидкой посевной культуры в инокуляторе 1, в который по линии 3.1 подают питательную среду и осуществляют ее засев посевным материалом,

подаваемым по линии 3.2. Образовавшуюся жидкую посевную культуру в инокуляторе 5 культивируют при непрерывном освещении источником света 5, перемешивании по всему объему устройством 3 с аэрацией углекислым газом через устройство аэрации 4, подаваемым по линии 0.1. Для компенсации тепловой энергии от источника света 5 в охлаждающую рубашку 2 инокулятора 1 по линии 1.0 непрерывно подают «холодную» воду и обеспечивают температуру культивирования 31...32°C до достижения фазы экспоненциального роста биомассы в течение 12...36 час.

По истечении времени культивирования жидкую посевную культуру подают насосом 28 по линии 3.3 из инокулятора 5 в ферментер 6, который представляет собой пленочный фотобиореактор. Жидкая посевная культура проходит через кольцевой зазор пленкообразующих устройств 37, и в виде жидкостной пленки суспензия автотрофного микроорганизма стекает по внутренней поверхности прозрачных цилиндрических трубок 7. Подача углекислого газа в фотобиореактор 6 осуществляется одновременно в барботер 12 и через коллектор 11 непосредственно в трубки 7.

В секции охлаждения 9 суспензия автотрофного микроорганизма подвергается воздействию световой энергии посредством лампы 8. В процессе освещения выделяется теплота, которая компенсируется подачей охлаждающего воздуха в секцию 9, который охлаждается в теплообменнике 35, установленном в контуре рециркуляции холодного воздуха 0.3.

На выходе из цилиндрических трубок 7 насыщенная углекислым газом суспензия автотрофного микроорганизма поступает в нижнюю часть фотобиореактора, где дополнительно насыщается углекислым газом с помощью барботера 12, при этом повышается суммарный коэффициент массообмена и тем самым интенсифицируется процесс культивирования.

Культуральную жидкость в виде готовой биомассы автотрофных микроорганизмов отводят с помощью насоса 29 по линии 3.4 из фотобиореактора 6 в сборник готовой культуры 13, а затем по линии 3.5 подают в распылительную сушилку 15. Посредством распылительного диска 16 осуществляют распыление готовой биомассы во взвешенном слое и сушку теплым воздухом, который подают в сушилку 15 вентилятором 33 по линии 0.4. Готовый продукт в порошкообразном виде выводят из сушилки 15 по линии 3.6.

Распределение энергоносителей, полученных в парозежкторной холодильной машине, работающей в режиме теплового насоса, осуществляют следующим образом.

Полученный в парогенераторе 23 с электронагревательными элементами 24 рабочий пар подают по линии 2.0 под давлением 0,05...0,06 МПа в сопло эжектора 17, вовлекая эжектируемые пары хладагента из испарителя 19 по линии 2.2 в эжектор. При этом в испарителе создают пониженное давление 0,0009...0,001 МПа с температурой кипения хладагента, в качестве которого используют воду, 4...7°C. Хладагент непрерывно циркулирует через холодоприемник 20 по линии 1.2 с помощью рециркуляционного насоса 21. В холодоприемнике 20 за счет рекуперативного теплообмена получают «холодную» воду с температурой 7...10°C, которую одновременно подают по линии 1.0 в охлаждающую рубашку инокулятора, в теплообменник 35 и систему охлаждения 14 сборника готовой культуры 13. Отработанную «холодную» воду из охлаждающей рубашки 2 инокулятора 1, теплообменника 35 и системы охлаждения 14 сборника готовой культуры 13 отводят по линии 1.1 в сборник «холодной» воды 26 с возвратом в холодоприемник 20 с помощью насоса 30 в режиме замкнутого цикла.

Полученную в конденсаторе 18 парозежкторной холодильной машины «теплую» воду с температурой 37...47°C делят на две части, одну из которых направляют по

линии 1.3 в теплообменник 36 для нагрева воздуха перед подачей его в распылительную сушилку 15, а другую - по линии 1.4 в секцию нагрева 10 пленочного фотобиореактора 6 для поддержания в нем оптимальной температуры выращивания биомассы.

Отработанный воздух из распылительной сушилки 15 по линии 3.5 подают в
 5 холодоприемник 20 парожекторной холодильной машины для конденсации водяных паров и далее обратно в распылительную сушилку 15 с образованием замкнутого цикла. Отработанную «теплую» воду после секции нагрева 10 фотобиореактора 6 вместе с отработанной «теплой» водой из теплообменника 36 по линии 1.3 направляют в сборник отработанной «теплой» воды 27 с образованием замкнутого цикла. Полученную в
 10 холодоприемнике 20 парожекторной холодильной машины «холодную» воду по линии 1.0 подают в теплообменник 35 для охлаждения воздуха перед подачей его в секцию охлаждения пленочного фотобиореактора для компенсации теплоты, выделяемой лампой 8, причем отработанную «холодную» воду из охлаждающей рубашки 2 инокулятора 1 по линии 1.1 вместе с отработанной «холодной» водой из системы
 15 охлаждения 14 сборника готовой культуры 13 и теплообменника 35 подают в сборник отработанной «холодной воды» 26 с образованием замкнутого цикла.

Образовавшуюся после эжектора 17 смесь паров хладагента и рабочего пара по линии 2.3 направляют в конденсатор 18. Процесс конденсации сопровождается выделением теплоты, при этом теплоту конденсации в конденсаторе 18 используют
 20 для получения «теплой» воды посредством рекуперативного теплообмена между водой, подаваемой из сборника 27 насосом 31 по линии 1.6 в конденсатор 16, и конденсирующими парами смеси в конденсаторе 18.

Часть образовавшегося после конденсатора 18 водяного конденсата направляют через терморегулирующий вентиль 22 по линии 2.4 в испаритель 19 для пополнения в
 25 нем убыли воды, а другую избыточную часть конденсата выводят из замкнутого цикла парожекторной холодильной машины и вместе с отработанной водой после ферментера 6 подают по линиям 1.3 в сборник отработанной «теплой» воды 27, из которого насосом 31 одну часть воды направляют по линии 1.5 на пополнение убыли воды в парогенераторе 23, а другую ее часть подают в конденсатор 18 парожекторной
 30 холодильной машины с образованием замкнутого цикла. При увеличении давления пара в парогенераторе 23 срабатывает предохранительный клапан 25, осуществляющий сброс давления по линии 2.1.

Таким образом, предлагаемый способ производства биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов позволяет:

- 35 - увеличить выход готовой биомассы вследствие компенсации теплоты от источников света как в инокуляторе, так и в биореакторе;
- снизить удельные энергозатраты, поскольку предусмотрен автономный отвод отработанных теплоносителей различных температурных потенциалов без их непосредственного смешивания в рециркуляционных потоках;
- 40 - увеличить срок хранения целевого продукта, так как его получают в порошкообразном виде;
- повысить энергоэффективность и экологическую безопасность, за счет реализации условий рециркуляции теплоносителей в замкнутом термодинамическом цикле.

Формула изобретения

45 Способ производства биомассы фотоавтотрофных микроорганизмов, характеризующийся тем, что сначала готовят жидкий посевной материал в инокуляторе при непрерывном его освещении источником света и аэрацией углекислым газом с

последующей подачей полученной культуры насосом в ферментер, который представляет собой пленочный фотобиореактор, содержащий секции охлаждения и нагрева, прозрачные трубки, лампу, коллектор и барботер, причем в фотобиореакторе выращивание биомассы проводят при пленочном истечении жидкости в прозрачных

трубках с одновременным освещением лампой и аэрацией углекислым газом, который подают в трубки и слой жидкости с помощью коллектора и барботера с отводом готовой культуры микроорганизмов в сборник готовой культуры, снабженный системой охлаждения, из которого биомассу направляют в распылительную сушилку, где осуществляют ее сушку теплым воздухом и получают готовый продукт в

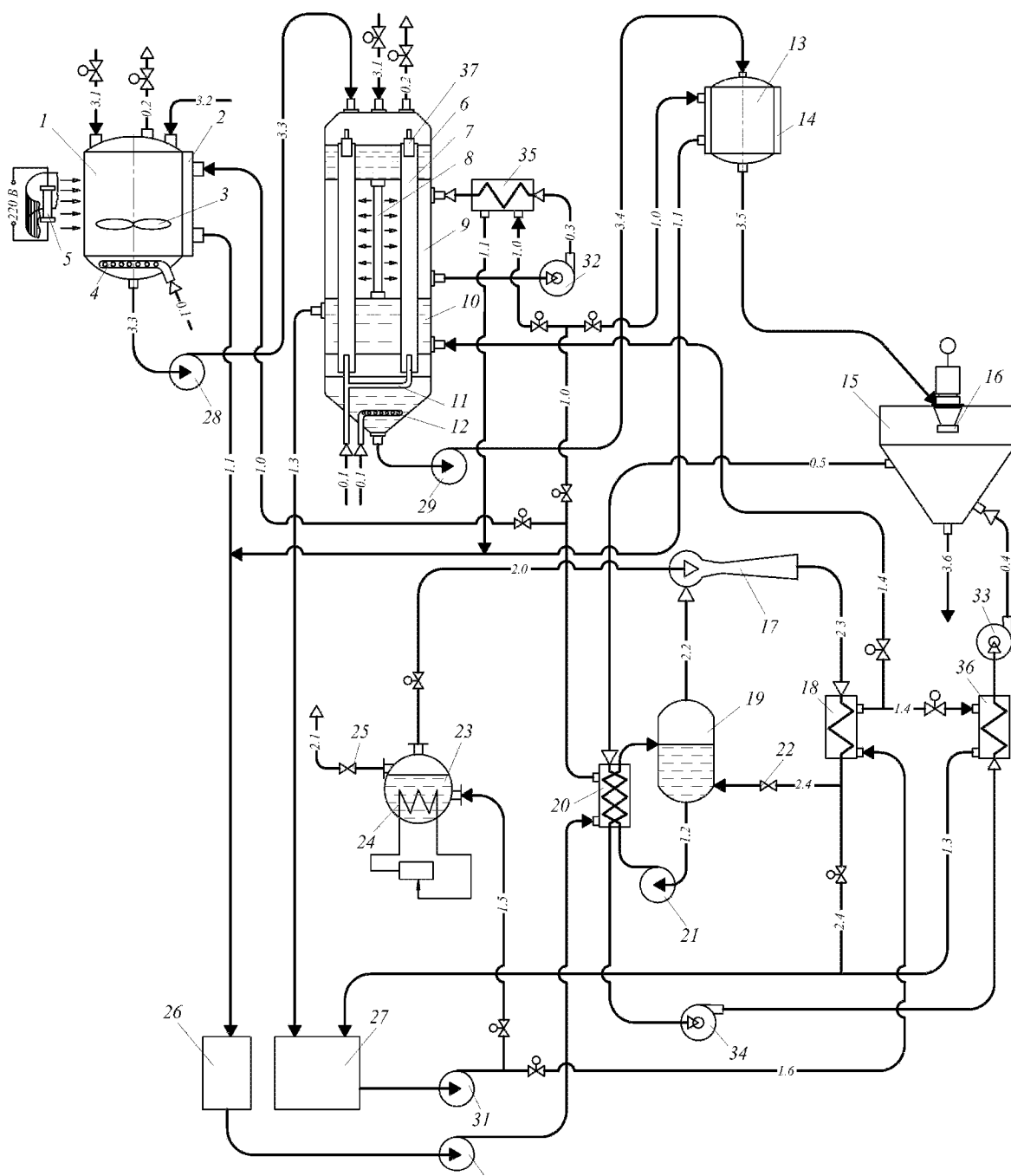
порошкообразном виде с содержанием сухих веществ 95...97%; для подготовки холодной и горячей воды используют парожекторную холодильную машину, работающую в режиме теплового насоса, состоящую из эжектора, испарителя, холодоприемника, конденсатора, терморегулирующего вентиля, сборника отработанной воды, парогенератора с электронагревательными элементами и предохранительным клапаном,

насоса подачи воды в парогенератор, насоса рециркуляции хладагента через холодоприемник, работающих по замкнутому термодинамическому циклу; получают рабочий пар в парогенераторе и подают его под давлением 0,05...0,06 МПа в сопло эжектора, причем выходящие из испарителя эжектируемые пары хладагента, в качестве которого используют воду из испарителя и создают в нем пониженное давление

0,0009...0,001 МПа с температурой кипения хладагента 4...7°C; полученную в холодоприемнике парожекторной холодильной машины «холодную» воду с температурой 7...10°C подают в охлаждающую рубашку инокулятора, систему охлаждения сборника готовой культуры и в теплообменник для охлаждения воздуха перед подачей его в секцию охлаждения пленочного фотобиореактора для компенсации

теплоты, выделяемой лампой, отработанную «холодную» воду из охлаждающей рубашки инокулятора вместе с отработанной «холодной» водой из системы охлаждения сборника готовой культуры и теплообменника подают в сборник отработанной «холодной воды» с образованием замкнутого цикла; в конденсаторе парожекторной холодильной машины получают «теплую» воду с температурой 37...47°C и разделяют ее на две части, одну из которых направляют в теплообменник для нагрева воздуха перед подачей его в распылительную сушилку, а другую - в секцию нагрева пленочного фотобиореактора для поддержания в нем оптимальной температуры выращивания биомассы, при этом отработанный воздух из распылительной сушилки подают в холодоприемник парожекторной холодильной машины для конденсации водяных

паров и далее обратно в распылительную сушилку с образованием замкнутого цикла, а отработанную «теплую» воду после секции нагрева фотобиореактора вместе с отработанной «теплой» водой из теплообменника направляют в сборник отработанной «теплой» воды также с образованием замкнутого цикла; пополняют убыль воды в испарителе; вывод отработанной «холодной» воды из сборника «холодной» воды в холодоприемник парожекторной холодильной машины и вывод отработанной «теплой» воды из сборника отработанной «теплой» воды направляют на пополнение убыли воды в парогенераторе и в конденсаторе парожекторной холодильной машины с образованием замкнутого цикла.



Фиг. 1