



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93282** (13) **C2**
(51) **МПК** (2011.01)
A01G 33/00
C12M 1/02 (2011.01)
C12N 1/12 (2011.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ФОТОБІОРЕАКТОР ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ МІКРОВОДОРОСТЕЙ

1

(21) а200904411
(22) 25.05.2009
(24) 25.01.2011
(46) 25.01.2011, Бюл.№ 2, 2011 р.
(72) ЧЕРНОВ ПЕТРО ЯКОВИЧ
(73) ЧЕРНОВ ПЕТРО ЯКОВИЧ
(56) SU 1289880, C12M1/04, 15.02.1987
RU 2268923, C12M3/02, C12N1/12, A01G33/00, 27.01.2006,
UA 39105, A01G33/00, C12N1/00, C12M1/00, 10.12.2009
SU 1083979, A01G31/02, 07.04.1984
SU 1665985, A01G31/02, C12M1/00, 30.07.1991
SU 1570678, A01G31/02, 15.06.1990
RU 2315805, C12M3/02, C12N1/12, 27.01.2008
RU 2057433, A01G31/02, 10.04.1996
RU 2148635, C12M1/02, A01G31/02, 10.05.2000
RU 2035505, C12M1/00, 20.05.1995
US 3986297, A01G33/00, 19.10.1976
JP 04084883, C12M1/00, 3/00, B01D53/34, 18.03.1992
JP 06046826, C12M1/00, 22.02.1994
JP 04173084, C12M1/00, 3/02, 19.06.1992
DE 19753900, C12M1/42, C12N1/12, 13/00, 10.06.1999
JP 7008263, A01H4/00, C12M1/42, 13.01.1995
(57) 1. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей, що містить ємність (1) з горловиною (2) і кришкою (3), теплообмінник (4) з вхідним і вихідним патрубками (5, 6), мішалку (7), закріплену на вертикальному валу (8), забезпеченому зовні засобом приводу (9), освітлювальний пристрій (10) з джерелами світла (11), встановлений усередині ємності (1), вхідний патрубок (12) для підведення живильного середовища, вхідний патрубок (13) для підведення вуглекислого газу (CO₂) і заправно-зливний патрубок (14) для заправки стартової біомаси мікробіодоростей і зливу товарної біомаси мікробіодоростей, який **відрізняється** тим, що додатково містить барботер (15), виконаний у вигляді лопатевого колеса, закріпленого на вертикальному валу (8) над мішалкою (7), і прискорювач потоку (16), виконаний у вигляді конфузора і закріплений меншою основою донизу на центральних стійках (17) над барботером (15) за допомогою кріпильних елементів (18), а вхідний патрубок (12)

2

для підведення живильного середовища і вхідний патрубок (13) для підведення вуглекислого газу (CO₂) сполучені зі встановленим в ємності (1) живильним трубопроводом (19), вихідний кінець якого введений у внутрішню порожнину прискорювача потоку (16).

2. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що освітлювальний пристрій (10) виконаний у вигляді двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд (20, 21), виконаних у вигляді гвинтових спіральних труб з прозорого матеріалу, витки яких закріплені із заданим кроком на центральних і периферійних стійках (17, 22), закріплених усередині ємності (1), а джерела світла (11) виконані у вигляді світлодіодів синього (С), червоного (Ч) і білого (Б) спектрів світлового випромінювання і розташовані усередині згаданих двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд (20, 21) із заданим кроком і в послідовності, що чергується по вибраному алгоритму.

3. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що мішалка (7) виконана у вигляді шнека або гребного гвинта.

4. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що теплообмінник (4) виконаний у вигляді змійовика, витки якого закріплені на периферійних стійках (22), закріплених усередині ємності (1).

5. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що додатково містить розділову мембрану (23), встановлену у верхній частині ємності (1) із зазором по периферії, при цьому порожнина ємності (1) над мембраною сполучена вихідним трубопроводом (24) з атмосферою через клапан (25) для відведення кисню (O₂), що виділяється в процесі фотосинтезу мікробіодоростей, а порожнина ємності (1) під мембраною (23) сполучена циркуляційним трубопроводом (26) з живильним трубопроводом (19) через клапан (27) для забору вуглекислого газу (CO₂) з ємності (1) при роботі фотобіореактора в режимі циркуляції вуглекислого газу (CO₂).

6. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що вхід-

(13) **C2**
(11) **93282**
(19) **UA**

ний патрубок (12) підведення живильного середовища і вхідний патрубок (13) підведення вуглекислого газу (CO_2) сполучені з живильним трубопроводом (18) через клапани (28, 29).

7. Фотобіореактор для культивування мікробіодоростей за п. 1, який **відрізняється** тим, що живи-

льний трубопровід (19) забезпечений клапаном (30), встановленим між ділянкою з'єднання вхідного патрубку (13) для підведення вуглекислого газу (CO_2) з вхідним патрубком (12) для підведення живильного середовища і ділянкою приєднання циркуляційного трубопроводу (26).

Винахід належить до біотехнології, зокрема до пристроїв для вирощування переважно одноклітинних мікробіодоростей, наприклад зелених водоростей, в закритих ємкостях методом фотосинтезу з штучним освітленням.

З рівня техніки відомі фотобіореактори для культивування мікробіодоростей трубчастого типу, зокрема:

«Культиватор мікробіодорослей» SU 1289880 А1 (Український науково-дослідницький інститут механізації і електрифікації сільського господарства) С12М1/04, 15.02.1987, аналог [1]

«Установка для вирощування мікробіодорослей» RU 22268923 С1 (Богданов Н.І., Куницін М.В.) С12М3/02, А01Г33/00, С12Н1/12, 27.01.2006, аналог [2]

«Установка для вирощування та переробки мікробіодоростей» UA 39105 U (Чернов П.Я., Івко С.Г.) С12М3/02, А01Г33/00, С12Н1/12, аналог [3].

Ці фотобіореактори [1,2,3] мають малоємку трубчасту конструкцію і не містять ефективних засобів інтенсифікації процесів перемішування і фотосинтезу, що суттєво обмежує їх застосування із-за невисокої продуктивності.

З рівня техніки відомі фотобіореактори для культивування мікробіодоростей ємкісного типу, зокрема:

«Культиватор для вирощування хлорелли» SU 1083979 А (Український науково-дослідницький інститут механізації і електрифікації сільського господарства) А01Г31/02, 07.04.1984, аналог [4]

«Апарат для вирощування мікробіодорослей» SU 1665985 А1 (Кооператив «Обсидіан») А01Г31/02, С12М1/00, 30.07.1991, аналог [5]

«Апарат для вирощування фотосинтезуючих мікроорганізмів» SU 1570678 А1 (Московський інститут хімічного машиностроєння) А01Г31/02, 15.06.1990, аналог [6].

«Устройство для культивирования микробиодорослей» RU 2315805 С2 (Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия РАСХН) С12М3/02, С12Н1/12, 27.01.2008, аналог [7].

Ці фотобіореактори [4,5,6,7] мають більш ємку, але маломірну ємкість, проте також не містять ефективних засобів підвищення інтенсифікації процесу перемішування і фотосинтезу, що не дозволяє істотно підвищити їх продуктивність і економічність.

З рівня техніки відомі фотобіореактори для культивування мікробіодоростей ємкісного типу з чашоподібною ємкістю у вигляді ванни, зокрема:

«Биореактор для культивирования фотоархотрофных микроорганизмов» RU 2057433 С1 (Ак-

ционерное общество «Дока») А01Г31/02, 10.04.1996, аналог [8]

«Биореактор для культивирования фотоархотрофных микроорганизмов» RU 2148635 С1 (Институт физиологии растений РАН им.К.А.Тимирязева) С12М1/02, А01Г31/02, 10.05.2000, «аналог [9].

Ці фотобіореактори, [8,9] мають електромеханічні або пневматичні засоби приводу для гойдання ванни, що суттєво покращує перемішування і інтенсифікує процес фотосинтезу.

Разом з тим, маломірна ванна і енергоємні засоби приводу для гойдання ванни не дозволяють добитися високої продуктивності і економічності фотобіореакторів цієї конструкції.

З рівня техніки відомий найбільш близький за призначенням, кількістю загальних ознак і технічним результатом, що досягається, фотобіореактор для культивування мікробіодоростей, що містить ємкість з горловиною і кришкою, теплообмінник з вхідним і вихідним патрубками, мішалку, закріплену на вертикальному валу, забезпеченому зовні засобом приводу, освітлювальний пристрій з джерелами світла, встановлений усередині ємкості, вхідний патрубок для підведення живильного середовища, вхідний патрубок для підведення вуглекислого газу (CO_2) і заправно-зливний патрубок для заправки стартової біомаси мікробіодоростей і зливу товарної біомаси мікробіодоростей і «Биореактор для культивирования фотосинтезирующих микроорганизмов» RU 2035505 С1 (Акционерное общество «Дока») С12М1/00, 20.05.1995, найбільш близький аналог-прототип [10].

Цей фотобіореактор має раціональнішу форму і об'ємнішу ємкість.

Крім того, для інтенсифікації процесу перемішування використовується прогресивніша конструкція мішалки.

Проте механічна мішалка не забезпечує високої інтенсивності перемішування культурального середовища в ємкості, оскільки граничне число обертів її робочого органу для підвищення ступеня перемішування обмежене, що викликане необхідністю забезпечення безпечної роботи фотобіореактора і обслуговуючого персоналу.

У зв'язку з викладеним в [10] не вдається тільки механічними засобами досягти вищої інтенсивності перемішування культурального середовища в ємкості, що знижує ефективність процесу фотосинтезу біомаси і знижує продуктивність фотобіореактора і вихід товарної біомаси мікробіодоростей.

Технічною задачею, на вирішення якої направлений винахід є удосконалення фотобіореактора шляхом установки в ємкості додаткових засобів

струменевого перемішування культурального середовища без додаткових засобів приводу.

Технічний результат, який досягається при рішенні поставленої задачі і використанні вдосконаленого фотобіореактора полягає в підвищенні інтенсивності перемішування культурального середовища в ємкості, прискоренні процесу фотосинтезу біомаси і збільшенні продуктивності і виходу товарної біомаси мікроводоростей.

Поставлена технічна задача вирішується, а очікуваний технічний результат досягається тим, що фотобіореактор для культивування мікроводоростей, що містить ємкість з горловиною і кришкою, теплообмінник з вхідним і вихідним патрубками, мішалку, закріплену на вертикальному валу, забезпеченому зовні засобом приводу, освітлювальний пристрій з джерелами світла, встановлений усередині ємкості, вхідний патрубок для підведення живильного середовища, вхідний патрубок для підведення вуглекислого газу (CO_2) і заправно-зливний патрубок для заправки стартової біомаси мікроводоростей і зливу товарної біомаси мікроводоростей, згідно винаходу, додатково містить барботер, виконаний у вигляді лопатевого колеса, закріпленого на вертикальному валу над мішалкою, і прискорювач потоку, виконаний у вигляді конфузора і закріплений меншою основою донизу на центральних стійках над барботером за допомогою кріпильних елементів, а вхідний патрубок для підведення живильного середовища і вхідний патрубок для підведення вуглекислого газу (CO_2) сполучені зі встановленим в ємкості живлячим трубопроводом, вихідний кінець якого введений у внутрішню порожнину прискорювача потоку.

Додатково встановлений барботер, виконаний у вигляді лопатевого колеса, закріпленого на вертикальному валу над мішалкою, суттєво покращує масообмін культурального середовища усередині ємкості.

Додатково встановлений прискорювач потоку, виконаний у вигляді конфузора і закріплений меншою основою донизу на центральних стійках над барботером за допомогою кріпильних елементів, забезпечує ежектування потоку культурального середовища і його інтенсивну циркуляцію через конфузори, за рахунок того, що він встановлений над барботером, що створює осьове розрідження.

Установка прискорювача потоку також покращує масообмін культурального середовища усередині ємкості.

У зв'язку з тим, що вхідний патрубок для підведення живильного середовища і вхідний патрубок для підведення вуглекислого газу (CO_2) сполучені зі встановленим в ємкості живлячим трубопроводом, вихідний кінець якого введений у внутрішню порожнину прискорювача потоку, забезпечується ежекційний підсос і введення суміші живильного середовища і вуглекислого газу (CO_2) безпосередньо у внутрішню порожнину прискорювача, що додатково підвищує перемішування суміші, що знов поступає, з культуральним середовищем в ємкості.

Всі приведені чинники свідчать про те, що згадані удосконалення фотобіореактора забезпечують підвищення масообміну і інтенсивності пере-

мішування культурального середовища в ємкості, що прискорює процес фотосинтезу біомаси і збільшує продуктивність і вихід товарної біомаси мікроводоростей.

Винахід має і інші удосконалення, направлені на досягнення додаткового технічного результату, які можуть використовуватися в різних модифікаціях конструкції фотобіореактора.

У фотобіореакторі для культивування мікроводоростей, згідно винаходу, освітлювальний пристрій виконаний у вигляді двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд, виконаних у вигляді гвинтових спіральних труб з прозорого матеріалу, витки яких закріплені із заданим кроком на центральних і периферійних стійках, закріплених усередині ємкості, а джерела світла виконані у вигляді світлодіодів синього (С), червоного (Ч) і білого (Б) спектрів світлового випромінювання і розташовані усередині згаданих двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд із заданим кроком і в послідовності, що чергуються по вибраному алгоритму.

Виконання освітлювального пристрою і у вигляді центральної і периферійних гірлянд, виконаних у вигляді гвинтових спіральних труб з прозорого матеріалу, а джерел світла у вигляді світлодіодів синього (С), червоного (Ч) і білого (Б) спектрів світлового випромінювання, забезпечує оптимальну і рівномірну освітленість культурального середовища усередині ємкості, що при мінімальній енергоспоживанні світлодіодами прискорює темпи зростання і вихід товарної біомаси і забезпечує підвищення продуктивності фотобіореактора.

У фотобіореакторі для культивування мікроводоростей, згідно винаходу, мішалка виконана у вигляді шнека або гребного гвинта.

Виконання мішалки у вигляді шнека або гребного гвинта створює компактний лопатевий засіб для перемішування культурального середовища, який при обертанні створює розрідження в центральній зоні, необхідне для інтенсивного додаткового її перемішування за допомогою вище розташованого барботера і прискорювача потоку (конфузора).

У фотобіореакторі для культивування мікроводоростей, згідно винаходу, теплообмінник виконаний у вигляді змійовика, витки якого закріплені на периферійних стійках, закріплених усередині ємкості.

Таке виконання і кріплення теплообмінника забезпечує збільшення площі поверхні теплообміну, що покращує процес фотосинтезу, зростання і збільшення виходу біомаси і підвищує продуктивність фотобіореактора.

У фотобіореакторі для культивування мікроводоростей, згідно винаходу, додатково містить розділову мембрану, встановлену у верхній частині ємкості із зазором по периферії, при цьому порожнина ємкості над мембраною сполучена вихідним трубопроводом з атмосферою через клапан для відведення кисню (O_2), що виділяється в процесі фотосинтезу мікроводоростей, а порожнина ємкості під мембраною сполучена циркуляційним трубопроводом з живлячим трубопроводом через

клапан для забору вуглекислого газу (CO_2) з ємкості при роботі фотобіореактора в режимі циркуляції вуглекислого газу (CO_2).

Це удосконалення дозволяє відбирати з порожнин, розділених мембраною, як кисень (O_2), що виділяється в процесі фотосинтезу мікрободоростей, що покращує екологію виробництва, так і забезпечувати додатково відбір вуглекислого газу (CO_2) з ємкості при роботі фотобіореактора в режимі циркуляції вуглекислого газу (CO_2), що підвищує ефективність роботи фотобіореактора.

У фотобіореакторі для культивування мікрободоростей, згідно винаходу, вхідний патрубок підведення живильного середовища і вхідний патрубок підведення вуглекислого газу (CO_2) сполучені з живлячим трубопроводом через клапани.

Зв'язок вхідного патрубку підведення живильного середовища і вхідного патрубку підведення вуглекислого газу (CO_2) з живлячим трубопроводом через клапани, по-перше, забезпечує змішення і подачу обох компонентів в живлячий трубопровід у разі, коли ці клапани знаходяться в положенні «відкрито», а, по-друге, забезпечує надійне перекриття цих патрубків і подачу компонентів в живлячий трубопровід у разі, коли ці клапани знаходяться в положенні «закрито» для здійснення технологічних і регламентних робіт, що покращує управління і безпеку роботи фотобіореактора.

У фотобіореакторі для культивування мікрободоростей, згідно винаходу, живлячий трубопровід забезпечений клапаном, встановленим між ділянкою з'єднання вхідного патрубку для підведення вуглекислого газу (CO_2) з вхідним патрубком для підведення живильного середовища і ділянкою приєднання циркуляційного трубопроводу.

Установка цього клапана, по-перше, забезпечує змішення вуглекислого газу (CO_2) з живильним середовищем і їх сумісну подачу по циркуляційному трубопроводу всередину прискорювача потоку, коли клапан знаходиться в положенні «відкрито», а, по-друге, забезпечує надійне перекриття живлячого трубопроводу, коли клапан знаходиться в положенні «закрито» для виробництва технологічних і регламентних робіт, що покращує управління і безпеку роботи фотобіореактора.

Надалі винахід пояснюється кресленнями, а також описом конструкції і роботи вдосконаленого фотобіореактора для культивування мікрободоростей.

На фіг. 1 зображений фотобіореактор для культивування мікрободоростей, загальний вид.

На фіг. 2 зображений виносний елемент I на фіг. 1.

Фотобіореактор для культивування мікрободоростей містить (фіг. 1, 2) ємкість 1 (фіг. 1) з горловиною 2 і кришкою 3, теплообмінник 4 з вхідним і вихідним патрубками 5, 6 мішалку 7, закріплену на вертикальному валу 8, забезпеченому зовні засобом приводу 9, освітлювальний пристрій 10 з джерелами світла 11, встановлений усередині ємкості 1, вхідний патрубок 12 для підведення живильного середовища, вхідний патрубок 13 для підведення вуглекислого газу (CO_2) і заправно-зливний патрубок 14 для заправки стартової біомаси мікробо-

доростей і зливу товарної біомаси мікрободоростей.

Відмітною особливістю вдосконаленого фотобіореактора є те, що він додатково містить барботер 15 (фіг. 1, 2), виконаний у вигляді лопатевого колеса, закріпленого на вертикальному валу 8 над мішалкою 7, і прискорювач потоку 16, виконаний у вигляді конфузора і закріплений меншою основою донизу на центральних стійках 17 над барботером 15 за допомогою кріпильних елементів 18.

Вхідний патрубок 12 для підведення живильного середовища і вхідний патрубок 13 для підведення вуглекислого газу (CO_2) сполучені зі встановленим в ємкості 1 живлячим трубопроводом 19, вихідний кінець якого введений у внутрішню порожнину прискорювача потоку 16.

Вихідний кінець живлячого трубопроводу 19 закріплений на стінці прискорювача потоку 16, виконаного у вигляді конфузора, що є усіченим конусом, що звужується у бік барботера 15.

У порожнині, на прискорювачі потоку 16, кріпиться нижній кінець живлячого трубопроводу 19.

Освітлювальний пристрій 10 (фіг. 1) виконано у вигляді двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд 20, 21, виконаних у вигляді гвинтових спіральних труб з прозорого матеріалу, витки яких закріплені із заданим кроком на центральних і периферійних стійках 17, 22, закріплених усередині ємкості 1, а джерела світла 11 виконані у вигляді світлодіодів синього (С), червоного (Ч) і білого (Б) спектрів світлового випромінювання і розташовані усередині згаданих двох коаксіально встановлених центральної і периферійної гірлянд 20, 21 із заданим кроком і в послідовності, що чергується по вибраному алгоритму.

Мішалка 7 виконана у вигляді шнека або гребного гвинта.

Теплообмінник 4 виконаний у вигляді змієвика, витки якого закріплені на периферійних стійках 22, закріплених усередині ємкості 1.

Фотобіореактор для культивування мікрободоростей додатково містить розділову мембрану 23, встановлену у верхній частині ємкості 1 із зазором по периферії, при цьому порожнина ємкості 1 над мембраною сполучена вихідним трубопроводом 24 з атмосферою через клапан 25 для відведення кисню (O_2), що виділяється в процесі фотосинтезу мікрободоростей, а порожнина ємкості 1 під мембраною 23 сполучена циркуляційним трубопроводом 26 з живлячим трубопроводом 19 через клапан 27 для забору вуглекислого газу (CO_2) з ємкості (1) при роботі фотобіореактора в режимі циркуляції вуглекислого газу (CO_2).

Вхідний патрубок 12 підвода живильного середовища і вхідний патрубок 13 підвода вуглекислого газу (CO_2) сполучені з живлячим трубопроводом 18 через клапани 28, 29.

Живлячий трубопровід 19 забезпечений клапаном 30, встановленим між ділянкою з'єднання вхідного патрубку 13 для підведення вуглекислого газу (CO_2) з вхідним патрубком 12 для підведення живильного середовища і ділянкою приєднання циркуляційного трубопроводу 26.

Заправно-зливний патрубок 14 для заправки стартової біомаси мікрободоростей і зливу товар-

ної біомаси мікродоростей забезпечений клапаном 31, вхідний патрубок 5 теплообмінника 4 забезпечений клапаном 32, а вихідний патрубок 6 теплообмінника забезпечений клапаном 33.

Клапани 25,27-33 фотобіореактора можуть бути використані, як з ручним управлінням, так і з дистанційним електричним керуванням для переведення їх з положення «закрито» в положення «відкрито» і назад.

Фотобіореактор для культивування мікродоростей працює таким чином.

У стартовому положенні клапани 25,27-33 фотобіореактора встановлено в положення «закрито».

Спочатку проводять завантаження ємкості 1 стартовою біомасою.

Для цього заправно-зливний клапан 31 встановлюють в положення «відкрито», після чого ємкість 1 через патрубок 14 заповнюють стартовою біомасою до робочого рівня.

При заправці ємкості 1 біомасою газове середовище витісняється з ємкості 1 через вихідний трубопровід 24 і клапан 25 відведення кисню (O_2), який переводять в положення «відкрито».

Одночасно із заправкою ємкості 1 стартовою біомасою, клапани 32,33 переводять в положення «відкрито» і теплоносії (гаряча вода) через вхідний патрубок 5 поступає в теплообмінник 4, виконаний у вигляді зміювика, витки якого закріплені на периферійних стійках 22 ємкості 1, і через вихідний патрубок 6 поступає на підігрів в зовнішній нагрівач, а потім повертається в теплообмінник 4.

В результаті циркуляції теплоносія, теплообмінник нагрівається і підігріває стартову, а надалі, і товарну біомасу в ємкості 1 до робочої температури, яка потім підтримується постійно.

Після заповнення ємкості 1 стартовою біомасою заправно-зливний клапан 31 переводять в положення «закрито».

Потім підключають до електричної мережі освітлювальний пристрій 10, виконаний у вигляді двох коаксіально встановлених центральної гірлянди 20, закріпленої на центральних стійках 17, і периферійної гірлянди 21, закріпленої на периферійних стійках 22, в яких розташовані джерела світла 11, виконані у вигляді світлодіодів синього (С), червоного (Ч), білого (Б) спектрів світлового випромінювання із заданим кроком і послідовності, що чергується по вибраному алгоритму.

Алгоритм послідовності розташування світлодіодів синього (С), червоного (Ч), білого (Б) спектрів світлового випромінювання підбирають так, щоб був забезпечений оптимальний спектральний склад для продуктивного фотосинтезу і максимальної врожайності біомаси.

Рівномірне розподілене розташування центральної і периферійної гірлянд по висоті ємкості 1 забезпечує рівномірний розподіл світлового потоку за всім внутрішнім обсягом і якісне освітлення культурального середовища, необхідне для інтенсифікації процесу фотосинтезу мікродоростей усередині ємкості 1 фотобіореактора

Первинну заправку вуглекислим газом (CO_2) проводять через вхідний патрубок 13 вуглекислого

газу (CO_2) і клапани 29,30,27, які переводять в положення «відкрито».

Оскільки вуглекислий газ (CO_2) важчий за повітря, то повітря з порожнини ємкості 1 над мембраною витісняється вуглекислим газом (CO_2) і виводиться в атмосферу через вихідний трубопровід 24 і клапан 25 відведення кисню 25, який переводиться в положення «відкрито» - проводить дренаж надлишку повітря.

Режими подачі живильного розчину, живильного вуглекислого газу, циркуляції вуглекислого газу в ємкість 1, а також дренаж кисню з ємкості, 1 здійснюється перемиканням клапанів 25, 27-30.

Засіб приводу 9 включають, коли клапан 27 забіру вуглекислого газу (CO_2) встановлений в положення «відкрито», при цьому клапани 28,29,25,30 знаходяться в положенні «закрито».

Обертання від засоба приводу 9 через вертикальний вал 8 передається на мішалку 7 і барботер 15.

Мішалка 7, що виконана у вигляді шнека або гребного гвинта, забезпечує ефективне механічне перемішування біомаси, а теплообмінник, що виконаний у вигляді зміювика, підтримує оптимальну робочу температуру, необхідну для продуктивного зростання мікродоростей.

Барботер 15, що виконаний у вигляді лопатевого колеса, забезпечує направлений рух потоку культурального середовища і вуглекислого газу (CO_2) в порожнині між вертикальним валом 8 і прискорювачем потоку 16, виконаним у вигляді нерухомого конфузора, закріпленого за допомогою кріпильних елементів 18 до центральних стійок 17, і своїми лопатями під дією відцентрових сил віялоподібно розгоняє суміш культурального середовища і вуглекислого газу (CO_2) в радіальному напрямі усередині ємкості 1.

Практично між нерухомим прискорювачем потоку 16 і вертикальним валом, що обертається, 8 утворюється вихрове ежекційне сопло, що звужується.

Таким чином, барботер 15 забезпечує додаткове струменеве перемішування культурального середовища без додаткових засобів приводу.

В результаті такого розташування вказаних елементів конструкції, при включенні засобу приводу 9 на кінці живлячого трубопроводу 19 утворюється зона розрідження, у зв'язку з чим вуглекислий газ (CO_2) з порожнини ємкості 1, розташованої під мембраною 23, по циркуляційному трубопроводу 26 через клапан 27, який переводять в положення «відкрито», поступає в живлячий трубопровід 19 спільно з живлячим середовищем, що поступає по патрубку 12 через клапан 28, що знаходиться в положенні «відкрито».

З живлячого трубопроводу 19 суміш культурального середовища і вуглекислого газу (CO_2) поступають на барботер 15, який розподіляє їх рівномірно за всім обсягом порожнини ємкості 1 у вигляді дрібних бульбашок вуглекислого газу (CO_2).

Дрібні бульбашки вуглекислого газу (CO_2) забезпечують велику площу контакту з мікродоростями, внаслідок чого збільшується час їх контак-

ту, оскільки у дрібних бульбашок в порівнянні з крупними бульбашками - більший час спливання до поверхні, а живильних розчин значно ефективніше засвоюється.

Само по собі спливання дрібних бульбашок вуглекислого газу (CO_2), які грають роль самостійних рухомих світлонакопичувачів в рідкому середовищі, при роботі засобу приводу 9, додатково приводить до радіально-вертикального барботажу культурального середовища усередині ємкості 1.

Таким чином, забезпечується ефективне живлення живильним розчином і вуглекислим газом (CO_2) мікродоростей, а також досягається оптимальне освітлення і ефективний процес фотосинтезу і інтенсивне зростання товарної біомаси.

При цьому фотобіореактор працює в режимі циркуляції вуглекислого газу (CO_2), коли вуглекислий газ (CO_2) для ефективного засвоєння і оборотного споживання з поверхні біомаси через циркуляційний трубопровід 26, клапан 27, що знаходиться в положенні «відкрито», і живлячий трубопровід 19 постійно поступає через прискорювач потоку 16 (конфузор) і барботер 15 безпосередньо в культуральне середовище усередині ємкості 1.

Кисень (O_2), який є продуктом фотосинтезу і легше за вуглекислий газ (CO_2) збирається і концентрується в порожнині, розташованій над мембраною 23, поступово

виводиться через вихідний трубопровід 24 і клапан 25 відведення кисню (O_2), який знаходиться в положенні «відкрито».

Робочі режими фотобіореактора забезпечуються програмною комутацією клапанів 25, 27-33.

Вивантаження врожаю, тобто злив товарної біомаси мікродоростей проводиться через заправно-зливний патрубок 4 і клапан 31, який переводять в положення «відкрито» на період вивантаження товарної біомаси, при цьому клапан 25 відведення кисню (O_2) знаходиться в положенні «відкрито» для підсосу повітря при спорожненні ємкості 1 і вирівнювання тиску усередині ємкості 1 і зовнішнього атмосферного тиску.

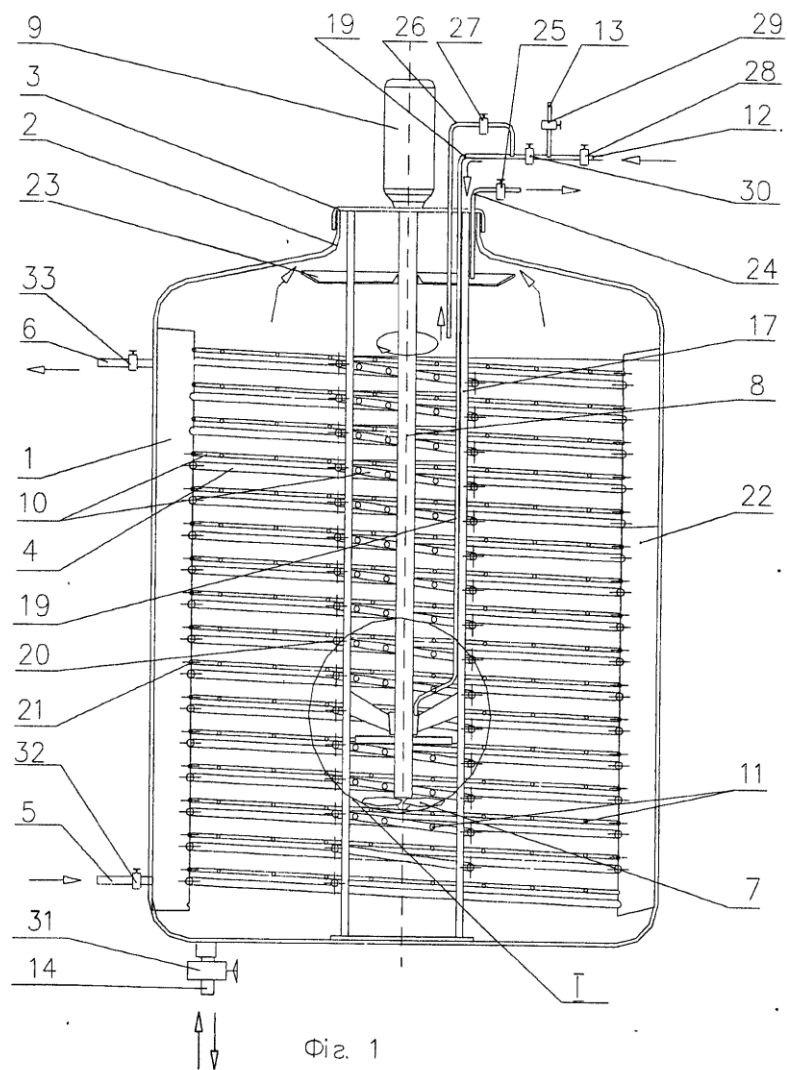
Приведені відомості підтверджують те, що удосконалення фотобіореактора шляхом установки в ємкості додаткових засобів струменевого перемішування культурального середовища без додаткових засобів приводу забезпечує підвищення інтенсивності його перемішування в ємкості 1, прискорення процесу фотосинтезу біомаси і зби-

льшення продуктивності і виходу товарної біомаси мікродоростей.

Це свідчить про можливість промислового виготовлення і використання вдосконаленого фотобіореактора для культивування мікродоростей, який може знайти широке застосування в біотехнології, зокрема для вирощування фотосинтезуючих мікроорганізмів і подальшого витягання з них масла для переробки на біопаливо і/або використання як корм для тварин, а також отримання синтез палив і електроенергії.

Перелік позначень

1. ємкість
2. горловина ємкості
3. кришка ємкості
4. теплообмінник
5. вхідний патрубок теплообмінника
6. вихідний патрубок теплообмінника
7. мішалка
8. вертикальний вал
9. засіб приводу
10. освітлювальний пристрій
11. джерело світла
12. вхідний патрубок для підведення живильного середовища
13. вхідний патрубок для підведення вуглекислого газу (CO_2)
14. заправно-зливний патрубок для заправки стартової біомаси мікродоростей і зливу товарної біомаси мікродоростей
15. барботер
16. прискорювач потоку (конфузор)
17. центральна стійка
18. кріпильний елемент
19. живлячий трубопровід
20. центральна гірлянда
21. периферійна гірлянда
22. периферійна стійка
23. розділова мембрана
24. вихідний трубопровід для відведення кисню (O_2)
25. клапан
26. циркуляційний трубопровід
27. клапан
28. клапан
29. клапан
30. клапан
31. клапан
32. клапан
33. клапан



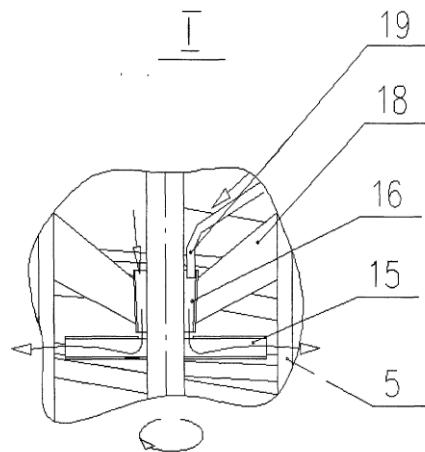


Fig. 2