



УКРАЇНА

(19) UA (11) 93329 (13) C2
(51) МПК
A01G 31/02 (2011.01)МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ФОТОРЕАКТОР МІКРОВОДОРОСТЕЙ

1

(21) а201003035

(22) 17.03.2010

(24) 25.01.2011

(46) 25.01.2011, Бюл.№ 2, 2011 р.

(72) АДАМЕНКО ІВАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, АДАМЕНКО
ОЛЕКСІЙ ІВАНОВИЧ, ТАРНАВСЬКИЙ СЕРГІЙ
ОЛЕКСАНДРОВИЧ

(73) АДАМЕНКО ІВАН ОЛЕКСІЙОВИЧ

(56) UA 57962 A, 15.07.2003

UA 60066 A, 15.09.2003

SU 1751191, 30.07.1992

UA 33492 A, 15.02.2001

CZ 297395, 13.12.2006

JP 5152957, 22.06.1993

SU 686686, 25.09.1979

(57) Фотореактор мікрободоростей з ємкістю для
суспензії, в робочому об'ємі якої проходить фото-
синтез, пристроями для освітлення, подачі і виве-
дення суспензії, виведення фотосинтетичного кис-
ню, який **відрізняється** тим, що обладнаний
основними концентраторами світла із лінзами ре-

2

гульованої фокусної відстані, підстилаючими по-
верхнями, зібраними у вигляді обертового бара-
бана з валом, підшипниками і приводним двигу-
ном, при цьому основні концентратори виконані із
двох рам, які спрямовують світло на барабан, при
цьому зовнішня рама має дзеркальні бокові пове-
рхні, і розділені рукавом з світлопрозорої пружної
пластмаси, який обладнаний вентилями і побудни-
ками подачі повітря чи води, кришкою, яка є ого-
родженням робочого об'єму, виконує роль верх-
ньої частини ємкості і накриває сектор π радіан,
світло з якого спрямоване у щілини між пакетами
барабана підстилаючих поверхонь, концентратори
допоміжні розміщені на доступних освітлюваних
прилеглих стінах і обладнані світлопровідними
фокусуючими волоконними пучками, що з'єднують
допоміжні концентратори і бокові стінки ємкості і
розміщені по всій довжині барабана між його паке-
тами над вхідними патрубками газу.

Винахід відноситься до біоенергетики і може
бути використаний у сільському господарстві.

Водорості створили атмосферу і мають доста-
тні резерви для підтримання її параметрів в умо-
вах зростаючого впливу парникового ефекту.

За рік один квадратний метр чорнозему з посі-
яною пшеницею дає 0,5 кг сухої речовини: 0,3 кг
зерна і 0,2 кг соломи. Водорості мають добовий
приріст 50 т/м² (сухої речовини) і тривалість веге-
тації 250 днів. За рік освітлений квадратний метр
водної поверхні дає приріст 12,5 кг сухої речовини.
У водоростях вміст жирів досягає 70 %.

Фотореактори мікрободоростей мають велике
значення для розвитку біоенергетики [1].

Відомі фотореактори для промислового ви-
рощування мікрободоростей [2, 3]. Найпростіші гли-
бинні фотореактори 70-х років 20 сторіччя, замі-
нювались на лотки і на труби.

Сучасні трубчаті фотореактори мають світло-
прозорі труби діаметром 0,64 м при довжині 100
км. Трубчаті фотореактори застосовують Голандія,
Німеччина, Іспанія, Франція, США та ін. [1, 2, 3].

Недоліками аналогів є мале значення освітле-
ної поверхні і необхідність застосування сорбентів

для вилучення фотосинтетичного кисню. Відно-
шення освітленої поверхні S м² до об'єму суспензії
 V м³ в трубчатих фотореакторах при діаметрі труб
 $D = 0,64$ м становить 6,3 1/м. Реально освітлено 3-
4 1/м.

При розшаруванні суспензії на горизонтальних
стічних поверхнях цей показник зростає до 20-30
1/м². Прототип [4] усунув недоліки аналогів і за-
безпечив розшарування при $S/V = 5000$ 1/м.

Але прототип не вирішив задачі освітлення
розшарованої суспензії. Даний винахід усуває не-
доліки аналогів і прототипу. Це досягнуто сукупніс-
тю нових технічних рішень. Фотореактор мікро-
воростей з ємкістю для суспензії, робочим об'ємом
для фотосинтезу, пристроями для освітлення, по-
дачі і виведення суспензії, виведення фотосинте-
тичного кисню, який і відрізняється тим, що, фото-
реактор обладнано концентраторами світла із
лінзами регульованої фокусної віддалі, концентра-
тори виконанні із двох рам, обернена до джерела
світла має дзеркальні бокові стінки, рами розділені
рукавом із пружних світлопропускаючих пластмас,
обладнаним вентилям і побудником подачі повітря
чи води, концентратор, який є огороженням ро-

(13) C2

(11) 93329

(19) UA

бочого об'єму, виконує роль верхньої частини ємкості, охоплює сектор π радіан, світло спрямоване у щілини між пакетами барабана підстилаючих поверхонь, концентратори допоміжні розміщені на доступних освітлюваних прилеглих стінах, обладнані світлопроводними волоконними пучками, що з'єднують фокуси концентраторів і бокові стінки ємкості і розміщені на всій довжині барабана, між пакетами, над вхідними патрубками газу.

Приведені малюнки розкривають суть винаходу. При цьому

Фіг. 1 Схема фотореактора з обертовими підстилаючими поверхнями.

Фіг. 2 Фотореактор, вигляд боковий.

Фіг. 3 Концентратор світлового потоку з регульованими фокусними відстанями.

Фіг. 4 Розміщення оптичних волокон і світловодів у допоміжному концентраторі світла.

Фотореактор мікродоростей має ємкість 1 для суспензії із маточною культурою і живильним розчином, підстилаючі поверхні, зібрані у вигляді обертового барабана 2 (Фіг. 1) з валом, підшипниками і приводним двигуном 14 (Фіг. 2). Підстилаючі поверхні у вигляді сіток зібрані у пакети з щілинами двох розмірів Фіг. 2, 3, поз. 3, 4. Підстилаючі поверхні утворюють шари суспензії, що рухаються вниз під дією сил тяжіння і обертаються, виносячи на світло нові і нові порції суспензії.

Тонкі поверхневі шари знаходяться у середовищі газу і створюють робочий об'єм фотореактора, який обмежується кришкою із світлопрозорого матеріалу, наприклад, поліетиленової чи інших пластмас.

Робочий об'єм освітлюється, обладнується патрубками підведення і виведення 12 газу, додатковим зрошувачем барабана 13 з контуром подачі суспензії у верхню частину барабана. Ємкість суспензії має підведення суспензії 9 і виведення 10 для щоденного оновлення суспензії.

Позиція 5 (Фіг. 1) показує кришку над ємкістю 1 і барабаном 2. Ця кришка герметизує і вводить світло в робочий об'єм. Кришка має циліндричну частину на секторі π радіан над барабаном і два напівфланці 16, які ущільнюють бокові поверхні фотореактора.

Циліндрична частина кришки 5 має дві рами з решітками, що утворюють шибки і пластмасовий пружний світлопрозорий рукав 17 з вентилями і побудниками подачі наповнювача рукава. Каркасна внутрішня рама 18 призначається для пережимання рукава 17. Каркасна зовнішня рама 19 разом із рамою 18 створює пережим (вузли) на рукаві і одночасно спрямовує світло на барабан. Тому зовнішня каркасна рама має дзеркальні поверхні.

На Фіг. 1 приведено поперечний перетин фотореактора. Фіг. 2 показує повздовжній перетин.

Рукав займає поверхню на всій довжині фотореактора L і на радіусі $R = \frac{D_6 + \Delta D}{2}$.

Площа сприйняття світла

$$S = \pi R L = \pi \frac{D_6 + \Delta D}{2} L.$$

Тут $\Delta D/2$ - проміжок між барабаном і кришкою.

Рами і вузли розміщені на середині пакетів підстилаючих сіток. Фотореактор обладнаний підсвічуючим дзеркалом 15 (Фіг. 1, 2) і зовнішніми концентраторами світлової енергії (поз 20 Фіг. 1), розміщуваними на прилеглих освітлюваних стінах.

Допоміжний концентратор виконаний так як і основний концентратор. Допоміжні концентратори установлені вертикально, орієнтовані до півдня, обладнані світловолоконними пучками 24, що розміщені у фокусі, і світлодіодними світильниками 25. Пучки світлових волокон підводять світло до ємкості суспензії (Фіг. 4). Світлові діоди розміщені серповидно у фокусах лінз. Пучки виводів світловолокон розміщені по всій довжині барабана, між пакетами підстилаючих сіток і над вхідними патрубками газопідведення.

Газ подається з утворенням бульбашок. Бульбашки освітлюються потоками світла. Створюється рухливий освітлювальний потік.

На Фіг 1 газові вводи позначені поз. 11. Подача води поз. 9. Виведення води поз. 10. Виведення газу поз. 12. Введення світла волоконними пучками позначено поз. 7 і 8. Концентратори світла обладнані побудниками подачі води чи газу поз. 21 і вентилями поз. 22 для утворення лінз. Допоміжний концентратор позначено поз. 20.

Фотореактор працює так. Живильний розчин з маточною культурою водорості заповнюють ємкість до рівня, що дорівнює $D/3$. Об'єм суспензії:

$$V = L \frac{D + \Delta D}{3} = \frac{1}{3} L (D + \Delta D).$$

Включають основний концентратор. Рукав (лінії) заповнюють водою для переходу суспензії через лаг-період. Додаткові концентратори світла працюють у режимі світлодіодного досвічування. Здійснюється імпульсне досвічування на частоті 50 Гц.

По закінченні лаг-періоду вода із лінз виводиться і замінюється повітрям. Потужність світлового потоку збільшується за допомогою додаткових зовнішніх концентраторів, які переводять у режим подачі природного світла.

Підсилення обмінних процесів досягається включенням розбризкувача 13, підвищенням числа обертів барабана.

Швидкість руху сіток у ємкості $V = 0,3-0,5$ м/с.

Фотореактор мікродоростей може працювати у режимі накопичення і у проточному режимі при щоденному відбирання природу.

Фотосинтез має дві стадії: світлову і темнову. У першій стадії потрібно одержати збудження електронних оболонок і запастись живильними речовинами. У темновій стадії електрони віддають енергію на процеси росту. Ймовірність цього буде найвищою при використанні світлодіодного освітлення.

Введення світлодіодного і природного освітлення в одному фотореакторі здійснено через волоконні світловведення і зовнішні концентратори світла. Це спрощує всю систему освітлення. Фотореактор мікродоростей з світильниками - концентраторами не потребує орієнтації до сонця. Вісь барабана підстилаючих сіток орієнтована у напрямі захід - схід. На протязі дня світильники - концентратори знаходяться у зоні освітлення. Світловий

день продовжує досвічування. Отже фотореактор мікроводоростей забезпечує досконале розшарування, освітлення суспензії, виведення фотосинтетичного кисню, газообмін і найменші затрати на циркуляцію суспензії при фотосинтезу.

Фотореактор мікроводоростей має нову систему введення світлової енергії. Вся світлова енергія, введена в фотореактор використовується корисно. Це досягнуто, концентрацією світлового потоку у щілинах між пакетами, а також направленням потоку радіально вглиб щілини, звуженням потоку. При цьому у поверхневий шар суспензії входить світло дифузійного розсіювання, а основний потік розподіляється в глибших шарах. При цьому пряме сонячне світло не шкодить поверхньому шару всього барабана, менше втрачається у віддзеркаленому потоці світла.

З іншої сторони фотореактор обладнаний світлодіодним імпульсним досвічуванням, що вводиться через концентратори світла.

Підстилаючі поверхні сітки виносять у робочий об'єм шар суспензії, який визначається діаметром ниток, що входять в основу і утоканих і товщиною сіток литих.

Фотореактор має зрошення у найвищій зоні робочого об'єму. Зрошення розподіляється на всі підстилаючі поверхні і порушує рівновагу поверхневих сил і сил тяжіння. На сітках утворюються вали суспензії що скачуються вниз, перемішуючи суспензію у робочому об'ємі. Шари суспензії мають відкриті поверхні для газообміну. Вуглекислий газ використовується для росту водоростей. Фотосинтетичний кисень виводиться у газове середовище і виноситься у довкілля.

Фотореактор мікроводоростей може бути задіяний як основний поглинач газів у замкнутах системах вентиляції. При цьому у повітрі, що закачується у фотореактор можуть бути інші гази, аміак,

оксиди азоту, сірко - водень, які становлять живильну базу.

Живильні розчини і газове середовище у робочому об'ємі визначається видом мікроводорості. Хлорела чудово росте на настоях із гною, біомаси. Спіруліна потребує соди і чистого вуглекислого газу.

Фоторектор мікроводоростей забезпечує замкнутий робочий об'єм, розшарування суспензії, відкриті поверхні на границі між рідиною і газом, регульовану дифузію і газообмін, мінімальні затрати на перекачування, повне використання сонячної енергії, імпульсне світлодіодне досвічування і звичайне досвічування лампами розжарення, накопичувальний і проточний режим.

Фотореактор мікроводоростей забезпечує регулювання процесів освітлення, газообміну, тривалості робочого дня і циклу вирощування.

Література

1. И. Матвеев, В. Тарасов, Л. Трусев. Эволюция биоэнергетики: время водоростей. The Chemical Journal, декабрь 2009, с. 24-29.
2. Л.М. Цоглин, Г.В. Габель, Т.Н. Фалькович, В.Е. Семененко. Фотореакторы закрытого типа для культивирования микроводорослей. Физиология растений, 1996 г., Т. 43., № 1, с. 449-53.
3. О. Пульц. Плоскостной фотореактор закрытого типа для продукции биомассы водорослей. Физиология растений, 1994 г., Т. 41, № 2, с. 202-208.
4. І.О. Адаменко, О.І. Адаменко. Спосіб та фотореактор для вирощування мікроводоростей. Патент України № 57962 А01G 31/00, Бюл. № 7, 2003 р.
5. І.О. Адаменко, О.І. Адаменко. Фотореактор для вирощування мікроводоростей. Патент України № 60066 А01G 31/00, Бюл. № 9, 2003 р.

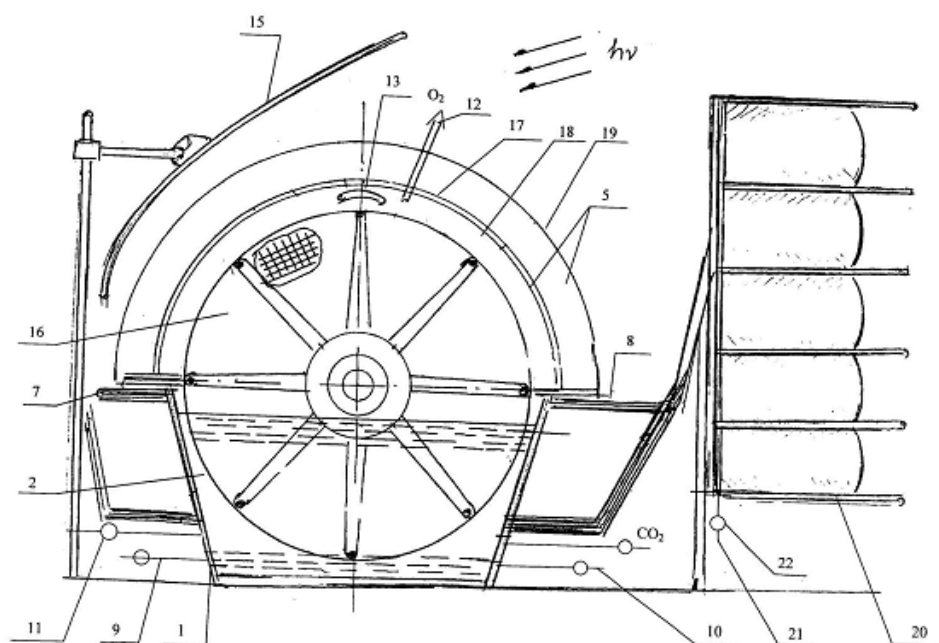
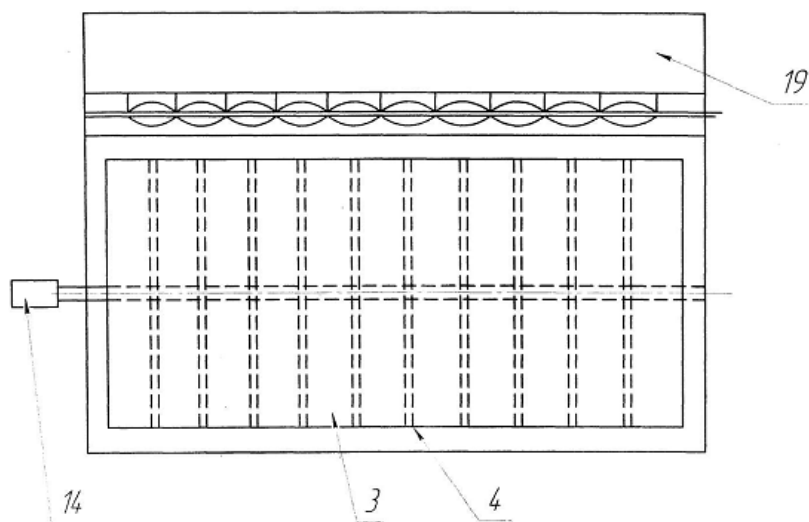


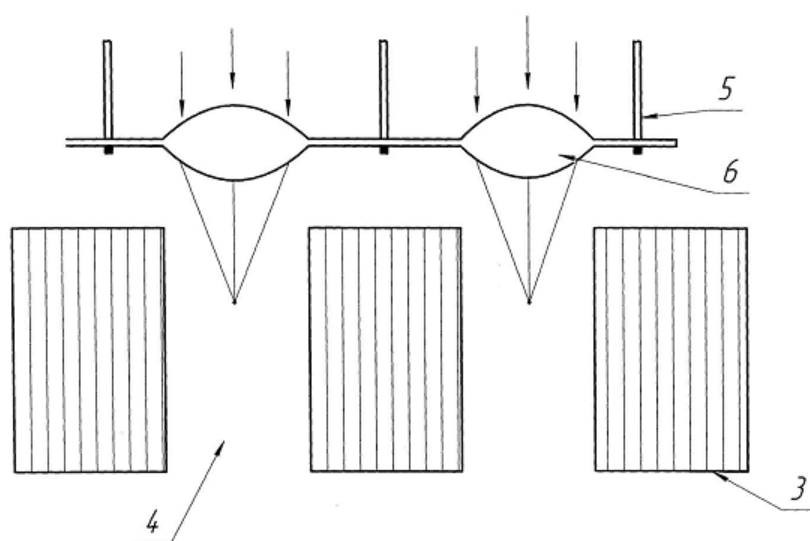
Схема фотореактора з обертючими підстилаючими поверхнями

Fig. 1



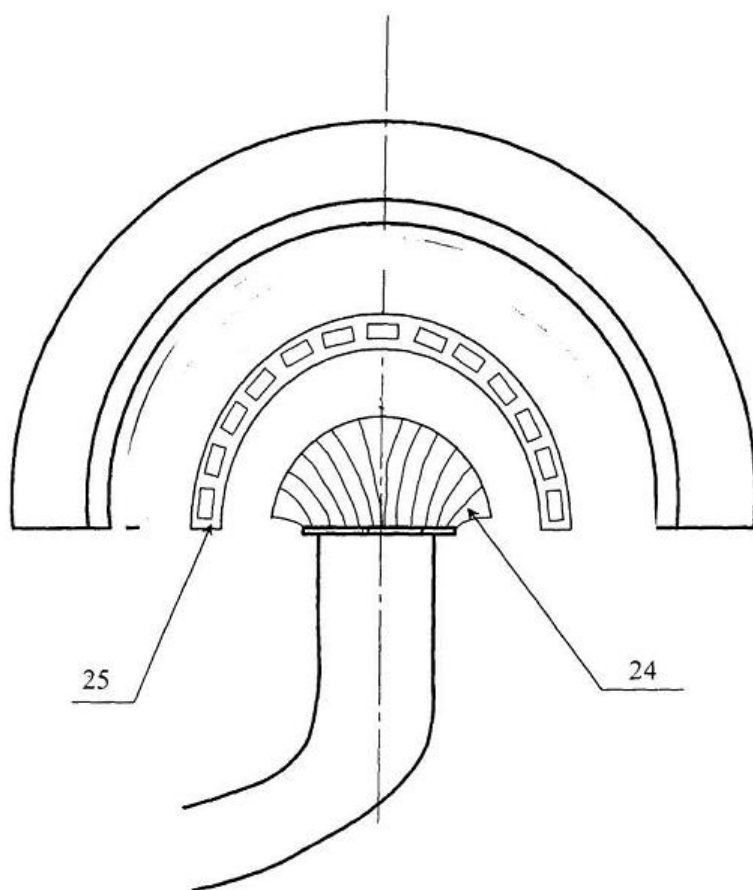
Фотореактор, вигляд боковий

Fig. 2



Концентратор світлового потоку з регульованими фокусними відстанями

Фіг. 3



Розміщення оптичних волокон і світловодів у допоміжному концентраторі світла

Фіг. 4

