



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **103927** (13) **C2**  
(51) МПК (2013.01)  
**C12M 1/00**  
**C12N 1/12** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

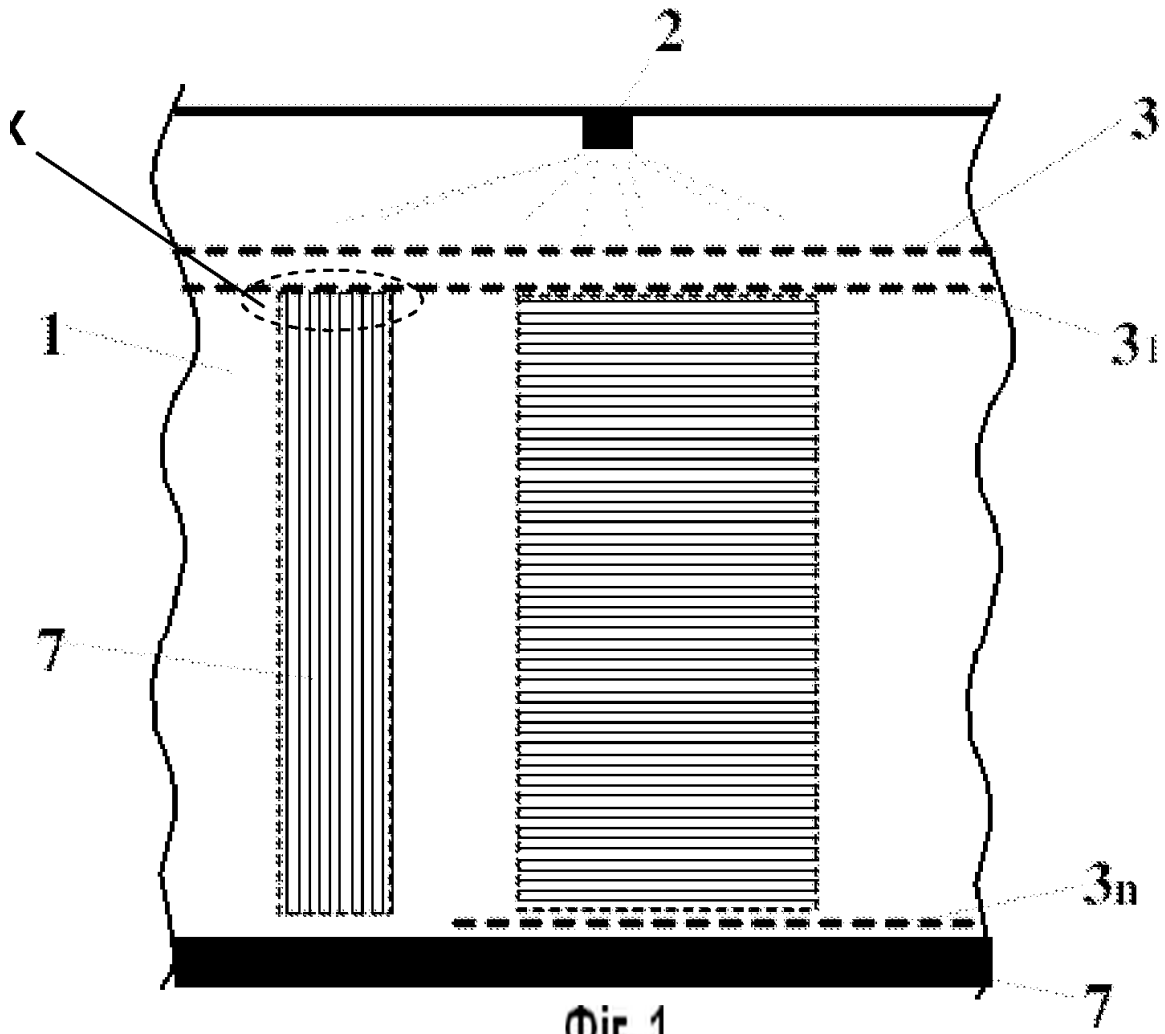
**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<b>(21)</b> Номер заявки:	<b>а 2011 15264</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и):	<b>Бронеске Юрген (DE), Пульц Отто (DE), Роте Томас (DE), Шмідт Карстен (DE), Вейднер Райнер (DE)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки:	<b>22.06.2010</b>	<b>(73)</b> Власник(и):	<b>ІГФ ІНСТІТУТ ФЮР ГЕТРЕЙДЕФЕРАРБЕЙТУНГ ГМБХ, Arthur-Scheunert-Allee 40/41, 14558 Bergholz-Rehbruecke, Germany (DE)</b>
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.12.2013</b>	<b>(74)</b> Представник:	<b>Ошарова Ірина Олександрівна, реєстр. №9</b>
<b>(31)</b> Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>102009027175.9</b>	<b>(56)</b> Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>US 2008254529 A1, 16.10.2008 JP 61249382 A, 06.11.1986</b>
<b>(32)</b> Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	<b>24.06.2009</b>		
<b>(33)</b> Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	<b>DE</b>		
<b>(41)</b> Публікація відомостей про заявку:	<b>27.02.2012, Бюл.№ 4</b>		
<b>(46)</b> Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.12.2013, Бюл.№ 23</b>		
<b>(86)</b> Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	<b>PCT/DE2010/050039, 22.06.2010</b>		

**(54) СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА БІОМАСИ ТА ФОТОБІОРЕАКТОР ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ФОТОТРОФНИХ АБО МІКСОТРОФНИХ ОРГАНІЗМІВ АБО КЛІТИН****(57) Реферат:**

Спосіб виробництва біомаси, яку культивують у суспензії, що циркулює у фотобіореакторі, з подачею світла та принаймні CO<sub>2</sub> як поживної речовини. Для культивування суспензію випускають через принаймні один засіб для випускання у верхній зоні вмістища для культури, і її опускання уповільнюється через принаймні один розташований у вмістищі для культури елемент внутрішнього простору з горизонтально орієнтованою ґратчастою, сітчастою або сіткоподібною конструкцією. На цій конструкції суспензія розділяється на багато крапель. Краплі проходять через крапельний цикл, протягом якого опускання суспензії уповільнюється, і забезпечується особливо інтенсивна дія поживних речовин та світла, які надходять у реактор, на організми або клітини, які містяться у живильному розчині.

**UA 103927 C2**



Винахід стосується способу виробництва біомаси з фототрофних або міксотрофних організмів або клітин. Без обмеження цим аспектом, винахід, зокрема, стосується виробництва біомаси з нижчих рослин, таких як мікроводорості або мохи. Крім того, винахід стосується фотобіореактора, застосовуваного для здійснення способу культивування фототрофних або

5 міксотрофних організмів або клітин.

Виробництво біомаси з фототрофних та міксотрофних організмів або клітин, зокрема, з мікроводоростей, набуває дедалі більшого значення.

Тим часом, отримувана при цьому біомаса застосовується для різних цілей. Вона служить, наприклад, для одержання цінних з точки зору фізіології харчування Харчових продуктів та харчових добавок, таких, як домішки для дерматологічних медикаментів або косметичних продуктів, а також для одержання енергоносіїв. Основними складовими відповідних пристроїв для виробництва біомаси є біореактори для культивування організмів або клітин. Якщо у минулому відповідні біореактори застосовувалися здебільшого у лабораторних масштабах, а

15 отже, обсяг їх виробництва був відносно низьким, нині прискореними темпами здійснюється будівництво потужностей для промислового виробництва біомаси.

Стосовно одержання біомаси на основі фототрофних або міксотрофних організмів або клітин проблема полягає у виготовленні фотобіореакторів, які, з одного боку, забезпечують великі обсяги для культивування організмів або клітин, і в яких, з іншого боку, незважаючи на одержувану у процесі культивування у межах реактора велику кількість біомаси, забезпечується

20 достатнє й рівномірне постачання поживних речовин та світла, необхідних для організмів або клітин, які підлягають культивуванню.

Відомий спосіб виробництва біомаси полягає у застосуванні трубчастих біореакторів, у яких суспензія з організмами або клітинами надходить через скляні трубки, розташовані у світлопроникному реакторному відділенні. Хоча за допомогою відповідних реакторів зі скляними трубками у плані забезпечення організмів поживними речовинами та світлом забезпечуються

25 цілком належні умови культивування, такі реактори для масового виробництва біомаси є малоприсадибними, зокрема, з точки зору економічності.

Інший аспект винаходу полягає в одержанні суспензії з організмами або клітинами, що надходить у систему циркуляції у верхній зоні вмістища для культури фотобіореактора через відповідні випускні засоби (наприклад, розпилювальну форсунку) з наступним уповільненням переміщення суспензії донизу, яке відбувається внаслідок дії сили тяжіння, через розташування відповідних елементів внутрішнього простору або внутрішніх пристроїв у вмістищі для культури, завдяки чому забезпечується інтенсивний вплив на організми або клітини введених у реактор поживних речовин та світла. Відповідно до відомих рішень, стосовно вищезазначених елементів внутрішнього простору йдеться, наприклад, про певну кількість розташованих паралельно одне

35 одному вертикально орієнтованих полотен тканини, так званих матриць або, відповідно, листів. На полотнах тканини, виготовленої, як правило, з гідрофільного матеріалу, організми або клітини суспензії, нанесеної на ці полотна тканини, принаймні частково іммобілізуються. У такий спосіб вони протягом тривалішого часу піддаються інтенсивній дії світла, що виробляється безпосередньо у реакторі або підводиться до нього, та поживних речовин. Зрозуміло, що при зростаючому відкладенні біомаси на полотнах тканини світловий потік через реактор або його вмістище для культури зазнає дедалі більших перешкод. При цьому особливо затіненими стають області, розташовані не у зовнішній частині полотна, і, таким чином, для відкладеної на них біомаси втрачаються оптимальні умови культивування. До того ж, у разі біореакторів, у яких

45 організми або клітини іммобілізуються у вищеписаний спосіб на відповідних полотнах, збирання біомаси по завершенні процесу культивування є порівняно дорогим. При цьому відповідну біомасу змивають з полотен, наприклад, за допомогою високонапірних очищувачів. Це потребує багато часу і в цілому при збиранні вимагає прикладення людських зусиль.

Завдання винаходу полягає у забезпеченні альтернативного способу промислового виробництва біомаси, який розроблений таким чином, щоб, зокрема, навіть при культивуванні дуже великої кількості біомаси забезпечувалася можливість підготування сприятливих умов культивування, і при цьому існувала можливість порівняно легкого встановлення відповідного виробничого обладнання. Для цього пропонуються спосіб та фотобіореактор для культивування фототрофних або міксотрофних організмів або клітин.

50 Це завдання виконується завдяки способу, що має особливості згідно з незалежним пунктом формули винаходу. Фотобіореактор, який дозволяє виконувати це завдання, характеризується у першому пункті формули винаходу. Оптимальні варіанти втілення або вдосконалення винаходу представлено у відповідних залежних пунктах формули винаходу. На відміну від аутотрофних організмів, які самостійно живляться неорганічними речовинами,

60 фототрофні організми або клітини живляться й розмножуються під впливом енергії, зокрема,

світлової, через асиміляцію вуглекислого газу. Міксотрофні організми, згідно з їхньою назвою, являють собою мішану форму, яка, крім вуглекислого газу, також здатна асимілювати органічні речовини і при цьому зазвичай користується фотосинтезом. Таким чином, спосіб стосується виробництва біомаси з організмів або клітин, ріст та розмноження яких у кожному з випадків відбувається шляхом фотосинтезу із забезпеченням поживними речовинами, зокрема, вуглекислим газом. Цей спосіб в оптимальному варіанті служить для продукування біомаси з фототрофних або міксотрофних мікроводоростей, але, як уже було зазначено на початку, не обмежується ними.

Згідно зі способом, запропонованим для виробництва біомаси з фототрофних або міксотрофних організмів або клітин, організми або клітини культивують у суспензії, що міститься у системі циркуляції фотобіореактора. При культивуванні організми або клітини під час циркуляції суспензії отримують енергію у формі природного або штучного світла та принаймні  $\text{CO}_2$  як газоподібної поживної речовини. Для цього суспензію випускають за допомогою принаймні одного засобу випускання у верхній зоні вмістища для культури фотобіореактора. Здійснюване через дію сили тяжіння опускання випущеної суспензії у вмістищі для культури уповільнюється через принаймні один підходящий, розташований у вмістищі для культури елемент внутрішнього простору, завдяки чому організми або клітини піддаються інтенсивній дії світла, що надходить у вмістище для культури або виробляється в ньому, та газоподібної(их) поживної(их) речовин(и). Зрештою прийнята на дно вмістища для культури суспензія для здійснення циркуляції за допомогою насосної системи знову спрямовується у принаймні один засіб випускання. По завершенні культивування організмів або клітин біомасу збирають, відокремлюючи її від суспензії. Це здійснюють за допомогою відповідних засобів відокремлення, таких як сепаратори, фільтри або сита.

Згідно з винаходом, суспензію для вищезазначеного уповільнення її опускання у вмістищі для культури розділяють на велику кількість крапель. При цьому суспензія для утворення крапель надходить на призначену для цього конструкцію з одного або кількох елементів внутрішнього простору вмістища для культури. Розділені на краплі частини суспензії згідно з винаходом під час проходження через вмістище для культури принаймні одноразово проходять такий цикл для окремої краплі:

- Утворення краплі на передбаченій для цього конструкції у вмістищі для культури,
- Поступове збільшення краплі до максимального розміру, під час якого організми або клітини, що містяться у краплі, піддаються дії світла або газоподібної(их) поживної(их) речовин(и), і їх кількість збільшується,
- По досягненню максимального розміру - падіння краплі в уловлювальну зону на дні вмістища для культури або на іншу конструкцію елемента внутрішнього простору вмістища для культури, що утворює краплі.

Через розділення суспензії на велику кількість крапель створюється багато малих поверхонь, кожна з яких утворює граничну поверхню між рідиною (суспензією з організмами або клітинами) та газом (атмосферою внутрішнього простору реактора з газоподібними поживними речовинами, які в ньому містяться), які разом утворюють дуже велику поверхню або, відповідно, граничну поверхню, на якій відбувається особливо інтенсивна дія світла та поживних речовин на організми або клітини. Крім того, завдяки краплям малого об'єму мінімізується середня довжина шляху організмів або клітин до граничної поверхні. Під час фази збільшення краплі можуть набувати різних форм, причому можливою формою є типова з точки зору гідродинаміки форма краплі, яка на нижній стороні є практично круглою, а верхня сторона звужується на конус. Якої форми набуває та чи інша крапля - це залежить, зокрема, від властивостей суспензії, з одного боку, а також від конструкції елементів внутрішнього простору, які забезпечують утворення крапель, з іншого боку. Однак форма також певною мірою може регулюватися завдяки типу випускання суспензії через принаймні один засіб випускання. При цьому може досягатися певна потрібна форма крапель, як буде пояснено більш докладно нижче.

До того ж, було продемонстровано, що у краплі внаслідок впливу світла та виникаючого через нього нагрівання, а також внаслідок зумовленої різницею концентрації масопередачі виникає турбулентність, і, таким чином, організми або клітини кілька разів перебувають на граничній поверхні, де відчувається особливо сильна дія світла та поживних речовин. При випробуваннях у цьому аспекті було отримано добрі результати культивування. Виходили з того, що уповільнення опускання суспензії у вмістищі для культури, яке в оптимальному варіанті досягається без іммобілізації біомаси, і динамічні процеси, що відбуваються у краплі, мають сприятливий вплив на результат культивування.

Стосовно вже згаданої форми краплі дуже вигідною виявилася лінзоподібна форма краплі, оскільки через неї забезпечується поліпшене, тобто дуже концентроване надходження світла у краплю, а отже, зокрема, в умовах слабого освітлення досягається належне забезпечення організмів або клітин світловою енергією. Тому, згідно з оптимальним варіантом втілення способу винаходу, через відповідну будову елементів внутрішнього простору та/або відповідне регулювання випускання через принаймні один засіб випускання забезпечується формування суспензії у формі переважно лінзоподібних крапель.

Однак вигідним також може бути утворення туманоподібних крапель, тобто крапель у формі кульок мікроскопічних розмірів. При цьому відбувається оптимальна взаємодія між організмами або клітинами та фотонами у спільному вмістищі для культури або вмістищі для культивування.

Згідно з одним з можливих варіантів втілення винаходу, для збирання біомаси краплі, утворені на передбачених для цього конструкціях вмістища для культури, відокремлюють від цих конструкцій під впливом вібрації або шляхом імпульсного струшування. Потім до накопиченої на дні вмістища для культури суспензії з організмами або клітинами, які в ній містяться, як уже було згадано вище, подають засоби для виділення організмів або клітин із суспензії. Згідно з одним з можливих варіантів втілення цього способу, краплі відокремлюють від конструкцій вмістища для культури за допомогою ультразвуку, що діє на конструкції.

Згідно з іншим варіантом втілення способу, відокремлення крапель від конструкцій вмістища для культури відбувається шляхом здування крапель за допомогою повітродувки. До накопиченої на дні суспензії потім так само подають засоби для виділення організмів або клітин із суспензії. Зрештою, ще одна можливість збирання одержаної біомаси полягає у змиванні крапель суспензії, які утворилися на передбачених для цього конструкціях вмістища для культури, за допомогою промивальної рідини. При цьому відповідну промивальну рідину замість суспензії випускають у вмістище для культури через принаймні один випускний засіб. Таким чином, для цього потрібне лише одне перемикання зміни напрямку шляху наявної насосної системи.

Незалежно від принципу, обраного для відокремлення крапель від конструкцій вмістища для культури, передбачається відповідне вигідне втілення способу видалення на елементах внутрішнього простору вмістища для культури залишкової плівки суспензії, яка включає організми або клітини, шляхом додаткового промивання промивальною рідиною. Як для можливого здійснюваного за допомогою промивальної рідини відокремлення крапель від конструкцій елементів внутрішнього простору, так і для здійснюваного за певних умов додаткового промивання з метою видалення залишкової плівки суспензії, як промивальну рідину застосовують, наприклад, воду або живильний розчин.

Фотобіореактор, який дозволяє виконати і застосовується при втіленні способу культивування, включає:

- вмістище для культури, через яке проходить природне світло або штучне світло, яке надходить ззовні або виробляється всередині вмістища для культури, і в яке вводиться принаймні CO<sub>2</sub> як газоподібна поживна речовина,

- принаймні один засіб випускання, через який випускаються організми або клітини, які містяться у суспензії, для дії на них світла та газоподібної(их) поживної(их) речовин(и) у верхній зоні вмістища для культури

- принаймні розташований у вмістищі для культури елемент внутрішнього простору, через який уповільнюється опускання суспензії у вмістищі для культури, яке відбувається внаслідок дії сили тяжіння, а також

- насосну систему, через яку уловлена на дні вмістища для культури суспензія для здійснення циркуляції знову спрямовується у принаймні один засіб випускання.

Згідно з винаходом, у вмістищі для культури фотобіореактора під принаймні одним засобом випускання розташовується принаймні один елемент внутрішнього простору з горизонтально орієнтованою ґратчастою, сітчастою або сіткоподібною конструкцією.

Згідно з винаходом суспензія з організмами або клітинами, яка надходить у вмістище для культури, проходить через зазначену конструкцію для утворення великої кількості крапель, які після їх виникнення збільшуються у розмірі і, відповідно, після досягнення максимального розміру стікають в уловлювальну зону на дні вмістища для культури або на іншу розташовану у вмістищі для культури під вищезгаданою конструкцією конструкцію елемента внутрішнього простору подібного типу, яка утворює краплі.

Горизонтально розташована у вмістищі для культури конструкція згідно з винаходом може бути виконана з застосуванням різних матеріалів і може мати різні геометричні форми. Так, наприклад, у разі застосування гнучких матеріалів ідеться про сітчасту конструкцію, а у разі жорстких матеріалів можуть бути реалізовані конструкції у формі решітки або сита, причому

останні лише незначною мірою відрізняються за геометричним виконанням, і, таким чином, відповідна конструкція за певних умов може вказуватись як конструкція у формі решітки або у формі сита. У будь-якому разі всі зазначені конструкції (ґратчаста, сітчаста або сіткоподібна) мають однаковий вплив або, відповідно, застосовуються для досягнення однакових цілей, тобто

5 для розділення суспензії, яка надходить до вмістища для культури, на велику кількість крапель. Тому далі спрощено й узагальнено йтиметься про ґратчасту конструкцію, причому відповідні зображення однаковою мірою стосуються сітчастих або сіткоподібних конструкцій.

Залежно від властивостей суспензії та геометричної форми решітки, тобто, відстані між прутами решітки та вузлами решітки, кожна з утворюваних згідно з винаходом крапель виникає або на вузлі решітки, на пруті решітки, або ж, під перекриттям відповідно обмежувальних прутів решітки, на вікні решітки. Вирішальним при цьому є лише те, що через утворення крапель вертикальне переміщення суспензії з організмами або клітинами у вмістищі для культури уповільнюється у часі, і при цьому виконується пояснюваний стосовно втілення способу крапельний цикл, який сприяє дії на організми або клітини світла та поживних речовин.

15 Принаймні одна ґратчаста конструкція або конструкція у формі решітки (конструкція у формі сітки або сита), відповідно до з оптимального варіанта втілення фотобіореактора згідно з винаходом, є виконаною з гідрофобного матеріалу. При цьому передбачається, що застосування гідрофобних матеріалів є вигідним тому, що завдяки йому, по суті, не відбуваються процеси іммобілізації. Крім того, частка суспензії, яка залишається у формі плівки на стінках реактора або, відповідно, на стінках вмістища для культури та елементах

20 внутрішнього простору, завдяки цьому зменшується, і, таким чином, знижуються витрати на можливе додаткове промивання після культивування. Крім того, матеріал в оптимальному варіанті має обиратися таким чином, щоб на прутах решітки або комірках сітки або у проміжках між отворами або віконцями сита утворювалися гідравлічно рівні поверхні. Завдяки цьому також мінімізується імовірність утворення плівки. До того ж, застосування прозорих матеріалів для ґратчастої конструкції вважається вигідним, оскільки забезпечує рівномірне проходження світла через вмістище для культури з найменшими перешкодами, і достатнє забезпечення організмів або клітин світлом є важливою передумовою успішного культивування. У цьому відношенні особливо вигідними також є світлопровідні матеріали для реалізації ґратчастої конструкції.

30 Однак застосування білих матеріалів також виявилось практичним.

Слід зазначити, що передбачене відповідно до способу згідно з винаходом розділення випущеної суспензії на велику кількість крапель за відповідних умов також може здійснюватися за допомогою подібних конструкцій на вертикальних або нахилених відносно горизонталі та розташованих у межах біореактора елементах внутрішнього простору. Наприклад, в принципі

35 можливими також є конструкції, що утворюють краплі, або поверхневі конструкції на пірамідальних елементах або на елементах внутрішнього простору у формі „ялинок”. Очевидно, що заявлений спосіб не є обмежувальним, оскільки він у цьому сенсі також може бути реалізований незалежно від заявленого рішення щодо оформлення фотобіореактора.

Однак стосовно заявленого пристрою винахід, як було зазначено й заявлено вище, стосується придатного для практичного втілення і, стосовно розташування уповільнюючих елементів для спрямування донизу переміщення суспензії елементів внутрішнього простору, чітко відмінного від пристроїв існуючого рівня техніки фотобіореактора, у вмістищі для культури якого горизонтально розташовуються відповідні елементи внутрішнього простору. При цьому у даному сенсі навіть елементи внутрішнього простору, які, зокрема, завдяки різним допустимим

45 варіантам геометричних форм та розташування, а також кріпильних засобів, мають незначні нахили, можуть вважатися горизонтально розташованими.

Оптимальний варіант конструкції фотобіореактора згідно з винаходом полягає в тому, що у вмістищі для культури кілька горизонтально орієнтованих ґратчастих, сітчастих або сіткоподібних конструкцій розташовуються каскадом одна під одною. Вікна решітки, комірки сітки або прорізи окремих паралельних одна одній ґратчастих конструкцій або ґратчастих конструкцій, а також сама решітка, при цьому можуть мати різні розміри, залежно від геометричної форми вмістища для культури та/або властивостей суспензії, і, зокрема, від типу суспензії, а також від відповідних наявних і, у разі застосування природного світла, мінливих залежно від місця застосування умов освітлення залежать більші чи менші розміри вікон

50 решітки або комірок або прорізів у напрямку вертикального переміщення суспензії.

В іншому передбаченому варіанті втілення винаходу накопичувач крапель реалізовано таким чином, що у вмістищі для культури розташовуються кілька вертикально спрямованих донизу від однієї наявної горизонтальної ґратчастої конструкції або – у разі кількох паралельно розташованих ґратчастих конструкцій – від останньої горизонтальної ґратчастої конструкції

60 сіток, мотузок, стрічок або ланцюгів. Краплі суспензії, які стікають від такої ґратчастої

конструкції, при цьому течуть по цих сітках, мотузках, стрічках або ланцюгах у напрямку дна вмістища для культури донизу. При цьому було продемонстровано, що для реалізованого через зазначене розташування накопичувача крапель вигідним є застосування гідрофільних матеріалів.

5 Фотобіореактор згідно з винаходом також може бути вдосконалений таким чином, щоб він мав пристрій для викликання імпульсних струшувань для відокремлення по завершенню циркуляції суспензії крапель, що залишилися на принаймні одній ґратчастій конструкції. В іншому, також вигідному варіанті конструкції фотобіореактор для збирання біомаси має  
10 ультразвуковий випромінювач, ультразвукові коливання якого по завершенні циркуляції суспензії впливають на відповідну ґратчасту конструкцію для стимуляції відокремлення крапель, що залишилися на ґратчастій конструкції. В іншому можливому варіанті конструкції для відокремлення крапель, які залишилися на ґратчастій конструкції після культивування, а отже, для сприяння процесові збирання у фотобіореакторі або, відповідно, у його вмістищі для культури розташовують повітродувку.

15 Далі винахід додатково пояснюється за допомогою фігур та прикладів втілення, причому цей винахід нижче представлено на прикладі культивування фототрофних мікроводоростей. Однак представлені процеси є такими самими або в принципі порівнянними при культивуванні інших фототрофних або міксотрофних організмів або клітин. Супровідні фігури:

20 Фіг. 1: схематичне зображення двох можливих варіантів розташування елементів внутрішнього простору згідно з винаходом у вмістищі для культури фотобіореактора,

Фіг. 2: установлюваний згідно з винаходом крапельний цикл у схематичному зображенні,

Фіг. 3: деталь X з Фіг. 1 у просторовому зображенні,

Фіг. 4: можливий варіант виконання вмістища для культури фотобіореактора згідно з винаходом у схематичному зображенні.

25 На Фіг. 1 показано два приклади можливого виконання біореактора згідно з винаходом з елементами внутрішнього простору  $3$ ,  $3_1$ ,  $3_n$ ,  $7$  у схематичному зображенні. На правому боці зображення представлено варіант виконання, у якому кілька елементів внутрішнього простору  $3$ ,  $3_1$ ,  $3_n$  з конструкціями у формі решітки або сита розташовуються горизонтально, паралельно один одному. При цьому розташуванні переведені у форму крапель частини суспензії з  
30 мікроводоростями кілька разів проходять пояснюваний нижче за допомогою Фіг. 2 крапельний цикл. Натомість права сторона стосується можливого варіанта виконання, в якому на нижній стороні елемента внутрішнього простору  $3_1$  з ґратчастою конструкцією, що розбиває суспензію на велику кількість крапель  $4$ , вертикально розташовуються кілька стрічок  $7$ . При цьому краплі  $4$  суспензії після стикання з ґратчастою конструкцією елемента внутрішнього простору  $3_1$  течуть донизу по вертикальній, конструкції стрічок  $7$ , що відповідно діє як накопичувач крапель. В обох показаних на Фіг. 1 варіантах суспензія зрештою уловлюється на дні або, відповідно, в уловлювальній зоні  $6$  вмістища для культури  $1$  і знову подається на розташований над ґратчастою конструкцією засіб випускання  $2$ . Останній може являти собою, наприклад, розпилювач.

40 На Фіг. 2 представлено приклад перебігу започаткованого на ґратчастій конструкції крапельного циклу, причому на лівому боці сторони показано горизонтальну проекцію комірки решітки з вікном  $8$  решітки, прутами решітки  $9$ ,  $9'$ ,  $9''$ ,  $9'''$  та вузлами решітки  $10$ ,  $10'$ ,  $10''$ ,  $10'''$ , а на правій стороні показано частину відповідної ґратчастої конструкції елемента внутрішнього простору  $3$  у розрізі по лінії А-А показаної зліва окремої комірки решітки. Суспензія з організмами (наприклад, мікроводоростями), яка випускається над ґратчастою конструкцією через засіб випускання  $2$ , наприклад, розпилювач, проникає крізь вікно  $8$  решітки і спочатку під відповідною коміркою ґратчастої конструкції місцями утворює тонкий плівкоподібний шар на вузлах решітки  $10$ ,  $10'$ ,  $10''$ ,  $10'''$  та прутах решітки  $9$ ,  $9'$ ,  $9''$ ,  $9'''$ . Через подальше стикання частин суспензії у зоні вузлів решітки  $10$ ,  $10'$ ,  $10''$ ,  $10'''$  зрештою виникають краплі. Вони переростають у  
50 поступово збільшувані краплі  $4$ . У межах краплі  $4$  через світло, яке потрапляє на краплю  $4$ , та пов'язане з цим нагрівання, а також через внутрішньокрапельну масопередачу виникає турбулентність, внаслідок якої мікроводорості, які містяться у суспензії, знову надходять на поверхню краплі, де вони в цілому перебувають протягом певного часу і при цьому оптимальним чином споживають енергію у формі світла та поживних речовин (зокрема,  $\text{CO}_2$ ) з газоподібного середовища у вмістищі для культури. Потім крапля  $4$  збільшується до залежного від відповідного поверхневого натягу максимального розміру, і на її верхній стороні у зоні переходу до ґратчастої конструкції утворюється шийка.

55 Зрештою крапля  $4$  падає, причому вона потрапляє або на ще одну ґратчасту конструкцію елемента внутрішнього простору  $3$ ,  $3_1$ ,  $3_n$ , або рухається у напрямку уловлювальної зони  $6$  на дні вмістища для культури  $1$ . Останнє, залежно від виконання фотобіореактора, за відповідних

умов також може відбуватися через те, що крапля 4 потрапляє на розташовані для цього під ґратчастою конструкцією стрічки, мотузки, ланцюги або вертикальні сітки 7.

Фіг. 3 являє собою збільшене зображення деталі X з Фіг. 1, згідно з яким під ґратчастою конструкцією розташовуються відповідні вищезгадані стрічки, мотузки або інші подібні засоби, показані у просторовому зображенні. При цьому йдеться, наприклад, про надтонкі шаровані стрічки, по яких краплі 4 при утворенні тонких шарів на стрічках 7 спрямовуються від вузлів решітки 10, 10', 10'', 10''' ґратчастої конструкції елемента внутрішнього простору 3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub> донизу на дно вмістища для культури 1.

Відповідні стрічки 7 в оптимальному варіанті є принаймні злегка гідрофільними, і, таким чином, відбувається часткова іммобілізація біомаси. Потім відповідні відкладення в оптимальному варіанті при збиранні біомаси змивають зі стрічок 7.

На Фіг. 4 у схематичному зображенні показано ще один можливий варіант конструкції вмістища для культури 1 фотобіореактора згідно з винаходом, причому для забезпечення культивування фототрофних мікроводоростей зі світлом застосовують природне сонячне світло, яке проникає у вмістище для культури 1 фотобіореактора, причому вмістище для культури 1 показано для прикладу фотобіореактора з цією метою виконують з прозорими стінками.

Як можна побачити на Фігурі, суспензія в цьому варіанті конструкції випускається через певну кількість засобів випускання 2. Під цими засобами випускання 2 у вмістищі для культури 1 каскадом розташовуються кілька горизонтальних елементів внутрішнього простору 3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub> з ґратчастими конструкціями. На них багаторазово здійснюють крапельний цикл, який пояснюється на Фіг. 2. Під цими каскадами решіток передбачено каналоподібні уловлювальні зони 6, через які відводиться суспензія, що стікає, і зрештою за допомогою детально не показаної насосної системи 5 знову подається до засобів випускання 2.

#### Перелік умовних номерів

1	Вмістище для культури
2	Засіб випускання
3, 3 <sub>1</sub> , 3 <sub>n</sub>	(Горизонтальні) елементи внутрішнього простору з ґратчастою, сітчастою або сіткоподібною конструкцією
4	Крапля
5	Насосна система
6	Уловлювальна зона
7	(Вертикальний) елемент внутрішнього простору (сітка, мотузка, стрічка або ланцюг)
8	Вікно решітки
9, 9', 9'', 9'''	Прути решітки
10, 10', 10'', 10'''	Вузли решітки

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виробництва біомаси з фототрофних або міксотрофних організмів або клітин, при якому організми або клітини, які містяться у суспензії, культивують у фотобіореакторі з одночасною подачею енергії у формі природного або штучного світла та принаймні CO<sub>2</sub> як газоподібної поживної речовини, і біомасу після культивування організмів або клітин збирають шляхом відокремлення від суспензії, причому суспензію під час культивування мікроорганізмів або клітин у фотобіореакторі подають у систему циркуляції, і суспензію випускають через принаймні один засіб випускання у верхній зоні вмістища для культури фотобіореактора, здійснюване через дію сили тяжіння опускання суспензії у вмістищі для культури для інтенсивного впливу на організми або клітини світла, що надходить у вмістище для культури або виробляється в ньому, та газоподібної(их) поживної(их) речовин(и) через принаймні один придатний, розташований у вмістищі для культури елемент внутрішнього простору, уповільнюється, і уловлена на дні вмістища для культури суспензія за допомогою насосної системи знову спрямовується у принаймні один засіб випускання, який **відрізняється** тим, що суспензію на передбачених для цього конструкціях елемента(ів) внутрішнього простору вмістища для культури перетворюють на множину крапель, причому розділені на краплі частини суспензії під час проходження через вмістище для культури принаймні одноразово проходять крапельний цикл, який включає такі етапи



а) утворення краплі на конструкції, передбаченій для цього у вмістищі для культури,  
 б) збільшення краплі до максимального розміру, причому організми або клітини, що містяться у краплі, під час збільшення краплі піддаються дії світла або газоподібної(их) поживної(их) речовин(и), і їх кількість збільшується,

5 с) падіння краплі в уловлювальну зону на дні вмістища для культури або на іншу конструкцію елемента внутрішнього простору, що утворює краплі.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для виробництва біомаси культивують фототрофні або міксотрофні мікроводорості.

10 3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що суспензія через відповідну будову елементів внутрішнього простору та/або відповідне регулювання її випускання через принаймні один засіб випускання застосовується для формування переважно лінзоподібних крапель.

4. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що суспензія через відповідну конструкцію елементів внутрішнього простору застосовується для формування туманоподібних крапель.

15 5. Спосіб за одним з пп. з 1 по 4, який **відрізняється** тим, що утворені на відповідних конструкціях вмістища для культури краплі для збирання біомаси відокремлюють від цих конструкцій під впливом вібрації або шляхом імпульсного струшування, і до накопиченої на дні вмістища для культури суспензії з організмами або клітинами, які в ній містяться, подають засоби для виділення організмів або клітин із суспензії.

20 6. Спосіб за п. 5, який **відрізняється** тим, що краплі відокремлюють від конструкцій вмістища для культури за допомогою ультразвуку, що діє на конструкції.

7. Спосіб за одним з пп. з 1 по 4, який **відрізняється** тим, що утворені на відповідних конструкціях вмістища для культури краплі для збирання біомаси відокремлюють від них, і до накопиченої на дні вмістища для культури суспензії з організмами або клітинами, які в ній містяться, подають засоби для виділення організмів або клітин із суспензії.

25 8. Спосіб за одним з пп. з 1 по 4, який **відрізняється** тим, що для збирання біомаси промивальну рідину випускають у вмістище для культури через принаймні один засіб випускання таким чином, щоб краплі, утворені на відповідних конструкціях вмістища для культури, змивалися, і до накопиченої на дні вмістища для культури суміші рідини з суспензії з організмами або клітинами, які в ній містяться, та промивальної рідини подають засоби для  
 30 виділення організмів або клітин із суспензії.

9. Спосіб за п. 4, який **відрізняється** тим, що для збирання біомаси туманоподібні краплі видавають з вмістища для культури, подаючи у конденсатор, і до конденсованої суспензії з організмами або клітинами, які в ній містяться, подають засіб для виділення організмів або клітин із суспензії.

35 10. Спосіб за одним з пп. з 5 по 9, який **відрізняється** тим, що у вмістищі для культури та/або на його елементах внутрішнього простору залишкову плівку суспензії, яка включає організми або клітини, відокремлюють через додаткове промивання промивальною рідиною.

11. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що як промивальну рідину застосовують воду.

40 12. Спосіб за п. 10, який **відрізняється** тим, що як промивальну рідину застосовують живильний розчин.

13. Фотобіореактор для культивування фототрофних організмів або клітин з вмістищем для культури (1), через яке проходить природне світло або штучне світло, яке надходить ззовні або виробляється всередині вмістища для культури, і в яке вводиться принаймні  $\text{CO}_2$  як газоподібна поживна речовина, з принаймні одним засобом випускання (2), через який випускаються  
 45 організми або клітини, що містяться у суспензії, для піддавання дії світла та газоподібної(их) поживної(их) речовин(и) у верхній зоні вмістища для культури, з принаймні одним розташованим у вмістищі для культури (1) елементом внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>, 7), через який або які уповільнюється опускання суспензії у вмістищі для культури (1), яке відбувається внаслідок дії сили тяжіння, та насосною системою (5), через яку уловлена на дні вмістища для  
 50 культури (1) суспензія для здійснення циркуляції у фотобіореакторі знову спрямовується у принаймні один засіб випускання (2), який **відрізняється** тим, що у вмістищі для культури (1) під принаймні одним засобом випускання (2) розташовується принаймні один елемент внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) з горизонтально орієнтованою ґратчастою, сітчастою або сіткоподібною конструкцією, через яку проходить внесена у вмістище для культури (1) суспензія з організмами або клітинами для утворення великої кількості крапель (4), які після їх виникнення збільшуються у розмірі і, відповідно, після досягнення максимального розміру стікають в  
 55 уловлювальну зону (6) на дні вмістища для культури або на іншу розташовану у вмістищі для культури (1) конструкцію елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>), яка утворює краплі (4).

60 14. Фотобіореактор за п. 13, який **відрізняється** тим, що у вмістищі для культури (1) кілька горизонтально орієнтованих елементів внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) з відповідною

ґратчастою, сітчастою або сіткоподібною конструкцією розташовуються каскадом один під одним.

15. Фотобіореактор за пп. 13 або 14, який **відрізняється** тим, що ґратчаста, сітчаста або сіткоподібна конструкція принаймні одного горизонтального елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) є виконаною з гідрофобного матеріалу.

16. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 15, який **відрізняється** тим, що ґратчаста, сітчаста або сіткоподібна конструкція принаймні одного горизонтального елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) є виконаною з прозорого матеріалу.

17. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 15, який **відрізняється** тим, що ґратчаста, сітчаста або сіткоподібна конструкція принаймні одного горизонтального елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) є виконаною з білого матеріалу.

18. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 15, який **відрізняється** тим, що ґратчаста, сітчаста або сіткоподібна конструкція принаймні одного горизонтального елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) є виконаною зі світлопровідного матеріалу.

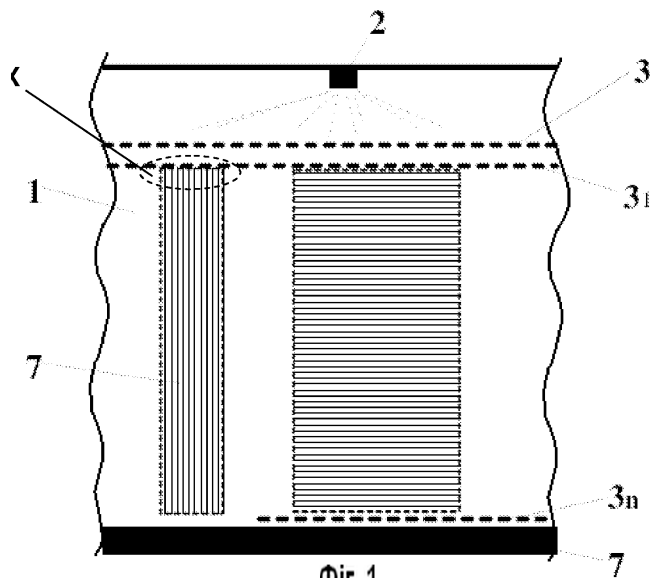
19. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 18, який **відрізняється** тим, що у вмістищі для культури (1) розташовуються кілька вертикально орієнтованих донизу від горизонтальної ґратчастої, сітчастої або сіткоподібної конструкції одного або останнього елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>) сіток, мотузок, стрічок або ланцюгів (7), через які краплі (4) суспензії, які стікають з відповідної горизонтальної ґратчастої, сітчастої або сіткоподібної конструкції, течуть донизу у напрямку уловлювальної зони (6) вмістища для культури (1).

20. Фотобіореактор за п. 19, який **відрізняється** тим, що вертикально орієнтовані донизу сітки, мотузки, стрічки або ланцюги (7) є виконаними з гідрофільного матеріалу.

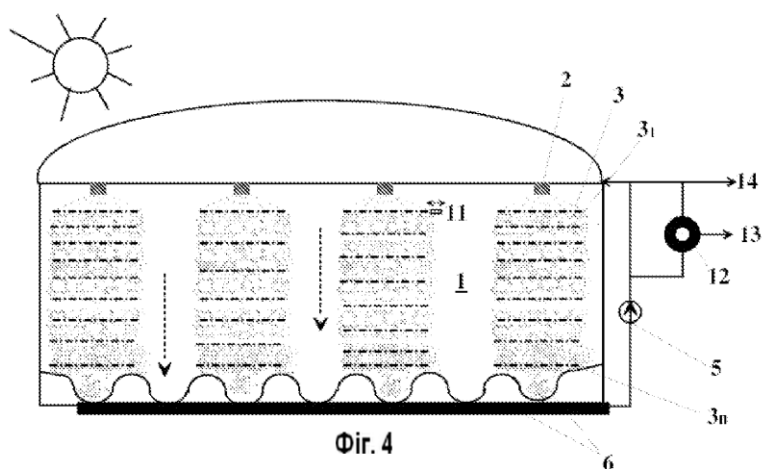
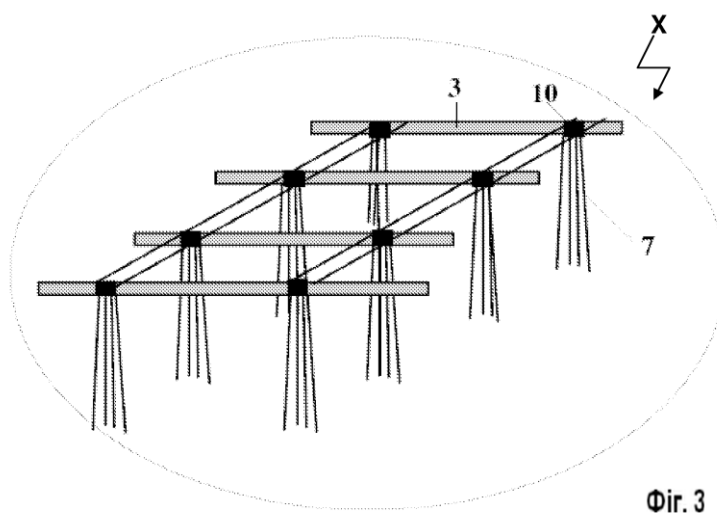
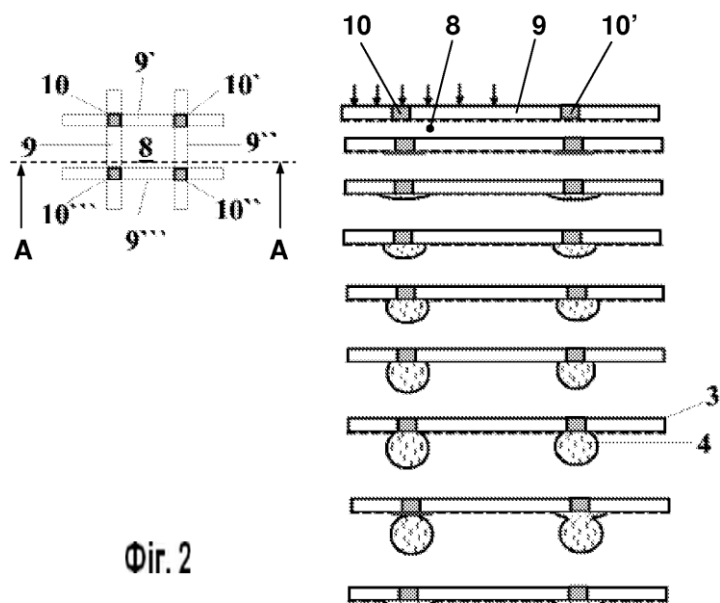
21. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 20, який **відрізняється** тим, що має пристрій для викликання імпульсних струшувань для відокремлення крапель (4), що залишилися на ґратчастій, сітчастій або сіткоподібній конструкції принаймні одного елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>).

22. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 20, який **відрізняється** тим, що має ультразвуковий випромінювач, ультразвукові коливання якого впливають на відокремлення крапель (4), що залишилися на ґратчастій, сітчастій або сіткоподібній конструкції принаймні одного елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>).

23. Фотобіореактор за одним з пп. з 13 по 18, який **відрізняється** тим, що має повітродувку для відокремлення на ґратчастій, сітчастій або сіткоподібній конструкції принаймні одного елемента внутрішнього простору (3, 3<sub>1</sub>, 3<sub>n</sub>).



Фиг. 1



---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601