



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **19488** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B01D 15/10
B01J 8/20
C07C 403/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕТА-КАРОТИНУ

1

(21) u200607239

(22) 30.06.2006

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Рудась Олександр Миколайович, Татіщев Євген Володимирович, Ткаченко Володимир Григорович, Комариста Вікторія Павлівна, Дюняшев Сергій Вікторович

(73) Рудась Олександр Миколайович

(57) 1. Установка для производства бета-каротину, что складывается из сплеченных между собой адсорбера с передбаченим у його нижній частині розподільчим вузлом та десорбера, виконаних у формі вертикально розташованих посудин циліндричної форми, з розміщенням між ними сепаратором, яка **відрізняється** тим, що додатково містить екстрактор, розташований між сепаратором і першим десорбером, а також перший відстійник, другий десорбер та другий відстійник, послідовно сполучені з першим десорбером і адсорбером з можливістю циркуляції рідкої фази, причому перший десорбер з першим відстійником та другий десорбер з другим відстійником сполучені у своїй верхній частині за допомогою патрубків таким чином, що подання рідкої фази з десорберів до відстійників відбувається самопливом, а сполучення екстрактора з нижньою частиною першого десорбера та відповідно нижніх частин першого відстійника з другим десорбером і другого відстійника з адсорбером

2

виконано через пристрої для примусового подання рідкої фази, причому у нижніх частинах першого і другого десорберів передбачені штуцери для подання відповідно ропи та прісної води.

2. Установка за п. 1, яка **відрізняється** тим, що адсорбер установлений на ваговимірювальній системі, з'єднаний з пристроєм примусового подання рідкої фази у адсорбер з можливістю регулювання швидкості подання останньої.

3. Установка за п. 1, п. 2, яка **відрізняється** тим, що дно адсорбера виконано пласким.

4. Установка за пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що розподільчий вузол виконаний у формі пластини з отворами, установлені паралельно дну адсорбера.

5. Установка за пп. 1-3, яка **відрізняється** тим, що дно адсорбера виконане з отворами, з'єднаними з системою патрубків для подання в адсорбер вхідної рідкої фази у вигляді суспензії клітин мікроводорості *Dunaliella salina*.

6. Установка за пп. 1-5, яка **відрізняється** тим, що відстійники виконані у формі циліндричних судин.

7. Установка за п. 1-6, яка **відрізняється** тим, що десорбери і відстійники виконані з дном конічної форми.

8. Установка за п. 1-7, яка **відрізняється** тим, що передбачає використання як сорбенту магнетиту і містить магнітний сепаратор або постійний магніт.

Корисна модель відноситься до біотехнології, а саме до установок для виробництва бета-каротину з мікроводоростей роду *Dunaliella*.

Бета-каротин є цінною речовиною для збагачення харчових продуктів (як антиоксидант та харчовий барвник), одержання вітамінних та лікарських засобів, призначених для зміцнення захисних функцій організму (як антиоксидант, радіопротектор, канцеропротектор), лікування ряду захворювань (опіків, пролежнів, трофічних виразок тощо), для виготовлення косметичних засобів, як домішка до корму тварин.

Найбагатшим і самовідтворюваним джерелом бета-каротину є мікроводорості роду *Dunaliella*, а особливо *Dunaliella salina*, яка розвивається у природних умовах у ропі солоних водоймищ, але може бути культивована на базі басейних господарств солепромислів або у закритих біореакторах. Окрім бета-каротину клітини *Dunaliella salina* містять цілий ряд цінних речовин: гліцерин, поліненасичені жирні кислоти, фітостероли, хлорофіли, ксантофіли, які є цінними побічними продуктами виробництва бета-каротину і

(13) **U**

(11) **19488**

(19) **UA**

можуть знайти застосування як кормові домішки, у косметології тощо.

Необхідною стадією одержання бета-каротину з *Dunaliella salina* є концентрування біомаси клітин мікроводорості та її відділення від ропи. Такий процес може бути здійснений шляхом відстоювання, фільтрації, центрифугування, флотації, флокуляції, сорбції на різних сорбентах. Найбільш перспективними є сорбційні методи, які дозволяють вибірково сорбувати клітини *Dunaliella salina*, очищуючи біомасу від галобактерій, кристалів солей, часток глини та ін. забруднень. Особливо ефективно є сорбція в умовах псевдорозрідженого шару сорбенту.

Відомий пристрій для одержання білкових речовин шляхом адсорбції білкових молекул на іонообмінному сорбенті у псевдорозрідженому стані [Пат. 6716344, США, МПК7 B01D15/02, B01D24/36, заявл. 02.10.2000, опубл. 06.04.2004]. Пристрій складається з адсорбера та десорбера, виконаних у формі вертикального розташованих циліндричних судин. Десорбер у своїй верхній частині зв'язаний з верхньою частиною адсорбера через вихровий сепаратор. Дно десорбера виконано плоским, а дно адсорбера має конічну форму. У нижній частині адсорбера розташована розподільча трубка з отворами для подачі рідкої фази і створення псевдорозрідженого шару сорбенту. Дно адсорбера сполучено з нижньою частиною десорбера за допомогою патрубків. Пристрій дозволяє здійснювати одержання білкового матеріалу у безперервному процесі. Рідка фаза з білковою біомасою подається в адсорбер через розподільчу трубку з отворами, а сорбент надходить в адсорбер зверху у протиток з рідкою фазою. Концентрування навантаженого білком сорбенту відбувається у нижній частині адсорбера, з якої він самопливом надходить у десорбер, де відбувається регенерація сорбенту. У вихровому сепараторі відбувається розділення рідкої фази і твердої фази сорбенту. Останній повертається у адсорбер. Наведений пристрій призначений для одержання, наприклад, бичачого сироваткового альбуміну або молочного сироваткового білка з використанням в якості сорбенту часток органічного полімеру.

Конструктивне рішення адсорбера відомого пристрою розраховане на адсорбцію речовин, які мають досить високу питому вагу і викликають осідання сорбенту, навантаженого такими речовинами. Крім того відомий пристрій не дозволяє якісно регенерувати сорбент, звільняючи його від побічних адсорбованих речовин, що призводить до одержання „забрудненого” кінцевого продукту, який потребує подальшого очищення.

Завданням корисної моделі є створення установки для виробництва бета-каротину з мікроводорості *Dunaliella salina* за принципом адсорбції у псевдорозрідженому (киплячому) шарі сорбенту. Завдяки введенню у конструкцію установки елементів, що забезпечують екстракцію бета-каротину з сорбованої біомаси, двоступеневу регенерацію сорбенту, автоматичне регулювання швидкості подання регенованого сорбенту до адсорбера, заявлена установка здатна функціонувати у безперервному циклічному режимі, забезпечуючи

одержання бета-каротину з високим виходом безпосередньо з рідкої фази, причому установка придатна як для промислового виробництва бета-каротину з *Dunaliella salina* з ропи природних солоних озер, басейнів солепромислів, так і з культурного середовища штучних біореакторів.

Поставлене завдання вирішується таким чином, що установка для виробництва бета-каротину, що складається зі сполучених між собою адсорбера з передбаченим у його нижній частині розподільчим вузлом та десорбера, виконаних у формі вертикально розташованих судин циліндричної форми з розміщеним між ними сепаратором, згідно з корисною моделлю додатково містить екстрактор, розташований між магнітним сепаратором і першим десорбером, а також перший відстійник, другий десорбер та другий відстійник, послідовно сполучені з першим десорбером і адсорбером з можливістю циркуляції рідкої фази, причому перший десорбер з першим відстійником та другий десорбер з другим відстійником сполучені у своїй верхній частині за допомогою патрубків таким чином, що подання рідкої фази з десорберів до відстійників відбувається самопливом, а сполучення екстрактора з нижньою частиною першого десорбера та відповідно нижніх частин першого відстійника з другим десорбером і другого відстійника з адсорбером виконано через пристрої для примусового подання рідкої фази, причому у нижніх частинах першого і другого десорберів передбачені патрубки для подання відповідно ропи та прісної води.

Згідно з корисною моделлю адсорбер установлений на ваговимірювальній системі, з'єднаний з пристроєм примусового подання рідкої фази з вмістом регенованого сорбенту у адсорбер з можливістю регулювання об'єму швидкості подання останньої.

Особливістю заявленої установки є конструкція розподільного вузла, виконаного у формі пластини з отворами, розташованої паралельно дну адсорбера, яке у свою чергу виконано плоским.

Як варіант дно адсорбера виконане з отворами, з'єднаними з системою патрубків для подання в адсорбер вхідної рідкої фази у вигляді суспензії клітин мікроводорості *Dunaliella salina*.

Згідно з корисною моделлю відстійники та десорбери виконані у формі циліндричних судин з конічним дном.

Авторами було визначено експериментальним шляхом, що оптимальним сорбентом для забезпечення продуктивної роботи заявленої установки є магнетит у формі порошку з розмірами часток, які дещо перевершують розміри клітин *Dunaliella salina*, але не є настільки великими, що досить швидко осаджуються внаслідок високої щільності матеріалу. У такому випадку часу утримання часток магнетиту у псевдорозрідженому шарі недостатньо для ефективного вилучення клітин *Dunaliella salina* з ропи. В оптимальному варіанті частки магнетиту з сорбованими клітинами *Dunaliella salina* залишаються у зваженому псевдорозрідженому стані у ропі, а осідає лише ненавантажений чорний магнетит.

Конструктивні особливості адсорбера заявленої установки обумовлені тим фактом, що магне-

тит з сорбованими клітинами *Dunaliella salina* набуває низької питомої ваги і його збір на відміну від прототипу відбувається у верхній частині адсорбера, а подання магнетиту, змішаного з ропою, здійснюють у нижній частині адсорбера над розподільчим вузлом, через отвори якого знизу одночасно подають рідку фазу у вигляді суспензії клітин *Dunaliella salina*. Для попередження осадження ненавантаженого магнетиту під розподільчим вузлом та зручності установки адсорбера на ваговимірвальній системі дно адсорбера виконано пластмасовим, а розподільчий вузол має форму пластини з рівномірно розташованими отворами, установленої у нижній частині адсорбера паралельно його дну.

Як варіант конструктивного рішення адсорбера заявленої установки роль розподільчого вузла може відігравати дно адсорбера з виконаними у ньому отворами у цьому випадку подавання вхідної рідкої фази у вигляді суспензії клітин *Dunaliella salina* здійснюють за допомогою системи патрубків, підведених до кожного з отворів.

На відміну від прототипу використання вихрового сепаратора у процесі концентрування магнетиту, навантаженого адсорбованими клітинами *Dunaliella salina*, є недоцільним внаслідок низької питомої ваги такого магнетиту, а відтак його поганого осадження. У заявленій установці передбачено вилучення магнетиту на даному етапі за допомогою магнітного поля. У найпростішому варіанті це може бути система постійних магнітів, проте найбільш продуктивним є використання магнітного сепаратора бажано барабанного типу.

На відміну від прототипу процес екстрагування кінцевого продукту за допомогою заявленої установки здійснюється у безперервному циклічному режимі безпосередньо з водної фази, що містить сконцентровану шляхом адсорбції на магнетиті масу клітин *Dunaliella salina*.

З цією метою до складу установки введено екстрактор для екстрагування бета-каротину з одержаної після сепаратора маси клітин *Dunaliella salina*, адсорбованих на частках магнетиту. Екстракцію здійснюють розчинником, вибраним з групи розчинників, що не змішуються з водою і мають щільність менше 1, при цьому магнетит є інертним матеріалом і не вступає з ними у хімічну взаємодію. В установці може бути використаний готовий екстрактор будь-якого типу, який відповідає наведеним умовам екстрагування.

Заявлена установка містить систему з двох десорберів, причому кожний десорбер сполучений патрубками зі „своїм” відстійником. Перший десорбер призначений для відділення фази розчинника, який потрапляє у цей десорбер після екстрактора разом з магнетитом, навантаженим неекстрагованими компонентами біомаси клітин *Dunaliella salina*.

На цьому етапі використовують ропу зі щільністю 1,2 (щільність ропи з басейнів солепромислів), яка подається у перший десорбер і завдяки високій солоності не призводить до десорбції компонентів, що не екстрагуються, але викликає розділення фаз. Відділений розчинник повертають до екстрактора.

Другий десорбер призначений для безпосередньої десорбції не екстрагованих компонентів біомаси клітин *Dunaliella salina* та регенерації магнетиту. На цьому етапі використовують прісну воду.

Обидва десорбери функціонують за принципом псевдорозрідженого шару сорбенту. Останній утворюється при одночасному поданні у нижній частині десорбера рідкої (плинної) фази з магнетитом і відповідно ропи або прісної води. На відміну від прототипу дно у обох десорберів виконано конічним для попередження утворення у них гідродинамічних тіней та накопичення осаду більш важких часток регенованого магнетиту.

За допомогою заявленої установки регенерацію магнетиту здійснюють у два етапи, після чого його повертають у адсорбер. При цьому необхідна двічі повна зміна рідкої фази. З цією метою до конструкції установки введено два відстійники, в яких відбувається відокремлення магнетиту від рідкої фази відстоюванням. Рідку фазу зливають через зливні патрубки у верхній частині відстійників. Для кращого відстоювання магнетиту дно відстійників має конічну форму.

Для забезпечення безперервної роботи заявленої установки у режимі циркуляції кількість сорбенту (магнетиту) у адсорбері повинна бути постійною. Проте, у ході експериментів було визначено, що в залежності від концентрації клітин у ропі з адсорбера надходить різна кількість магнетиту. Відповідно до адсорбера необхідно повертати різну кількість регенованого магнетиту. Автори запропонували встановити адсорбер на ваговимірвальну систему, яка за допомогою лінії зв'язку з пристроєм примусового подання рідкої фази з регенованим магнетитом керує швидкістю її поданням у адсорбер. Плоске дно адсорбера сприяє стійкому встановленню адсорбера на ваговимірвальній системі.

Заявлена установка за допомогою системи патрубків забезпечує циркуляцію магнетиту, що міститься у рідкій фазі. При цьому подання такої фази з адсорбера до магнітного сепаратора, з десорберів до відстійників з верхньої частини цих судин здійснюється самопливом за допомогою відповідно розташованих патрубків. Проте подання зазначеної рідкої фази у нижній частині адсорбера та десорберів повинно здійснюватися зі швидкістю потоку, яка має сприяти утворенню псевдорозрідженого шару магнетиту. З цією метою у заявленій установці передбачено використання пристроїв примусового подання рідкої фази. Ними можуть бути готові насоси, які відповідають умовам функціонування установки.

На Фіг. наведено схематичне зображення варіанту заявленої установки, яка складається з адсорбера 1 з розподільчим вузлом 2, десорберів 3, 4, відстійників 5, 6, магнітного сепаратора 7, екстрактора 8, пристроїв 9, 10, 11 для примусового подання рідкої фази, ваговимірвальної системи 12, лінії зворотного зв'язку 13, системи патрубків 14-23 для здійснення циркуляції рідкої фази в установці, вхідних штуцерів 24, 25, 26, зливних патрубків 27, 28, 29.

Адсорбер 1, десорбери 3, 4 та відстійники 5, 6 виконані у формі вертикально розташованих судин циліндричної форми з відкритою верхньою части-

ною та дном конічної форми за винятком адсорбера 1, який має пласке дно.

Всередині адсорбера 1 у його нижній частині паралельно дну закріплено розподільчий вузол 2, виконаний у формі пластини з отворами, що забезпечують утворення рівномірного псевдорозрідженого (киплячого) шару при поданні вхідної рідкої фази у вигляді суспензії клітин *Dunaliella salina*.

Варіант використання в якості розподільчого вузла 2 дна адсорбера 1, виконаного з отворами, з'єднаними з системою патрубків для подання вхідної рідкої фази, на Фіг. не наведений.

Конструкція заявленої установки передбачає послідовне сполучення адсорбера 1, магнітного сепаратора 7, екстрактора 8, пристрою 9 примусового подання рідкої фази, десорбера 3, відстійника 5, пристрою 10 примусового подання рідкої фази, десорбера 4, відстійника 6, пристрою 11 примусового подання рідкої фази та адсорбера 1 за допомогою системи патрубків 14-23, що забезпечує безперервне функціонування установки у режимі циркуляції.

В якості пристроїв 9, 10, 11 примусового подання рідкої фази можуть бути використані готові насоси з параметрами, що забезпечують ефективне функціонування установки.

Адсорбер 1 установлений на ваговимірювальній системі 12, з'єднаний за допомогою лінії зворотного зв'язку 13, пристроєм 11 примусового подання рідкої фази з метою регулювання швидкості подання магнетиту до адсорбера 1 для забезпечення постійної кількості магнетиту в останньому при функціонуванні установки.

Адсорбер 1 з магнітним сепаратором 7, десорбер 3 з відстійником 5 та десорбер 4 з відстійником 6 сполучені відповідно за допомогою патрубків 14, 18, 21, розташованих під таким кутом нахилу, який забезпечує подання рідкої фази з вмістом магнетиту самопливом.

Заявлена установка функціонує наступним чином.

До адсорбера 1 через вхідний штуцер 24 подається вхідна рідка фаза у вигляді суспензії у ропі клітин мікроводорості *Dunaliella salina*. При достатньо високій концентрації *Dunaliella salina* у ропі природних водоймищ або штучному культуральному середовищі зазначені рідкі фази можуть подаватися безпосередньо на вхід 24. Проте для економічно доцільного промислового виробництва бета-каротину з мікроводоростей *Dunaliella salina* бажано використовувати їх попередньо сконцентровану суспензію у ропі, одержану будь-яким з відомих способів: відстоюванням, фільтрацією, центрифугуванням, флотацією, флокуляцією тощо. Вхідна рідка фаза у адсорбері 1 проходить через отвори розподільчого вузла 2 і утворює псевдорозріджений (киплячий) шар сорбенту (магнетиту), який разом з ропою у формі рідкої (плинної) фази через патрубок 23 подається у нижню частину адсорбера 1 над розподільчим вузлом 2. У псевдорозрідженому шарі магнетиту біомаса клітин *Dunaliella salina* адсорбується на поверхні часток магнетиту, які внаслідок зниження питомої ваги концентруються у верхній частині адсорбера 1 і самопливом через патрубок 14 подаються до магнітного сепаратора 7. Навантажений адсорбова-

ною біомасою *Dunaliella salina* магнетит за допомогою магнітного поля вилучається з ропи, яка повертається для подальшого культивування *Dunaliella salina*, а зазначений магнетит подається до екстрактора.

Вологий магнетит з адсорбованою біомасою *Dunaliella salina* надходить до екстрактора 8 і піддається дії органічного розчинника, який не змішується з водою. Експериментально доведено, що оптимальним екстрагентом для вибіркового екстрагування бета-каротину з *Dunaliella salina* є етилацетат. З одержаного етилацетатного екстракту бета-каротину будь-яким відомим способом, наприклад упарюванням, видаляють екстрагент. Одержують 96-97% кристалічний бета-каротин.

З екстрактора 8 магнетит з адсорбованою біомасою, що не екстрагується, та залишками розчинника подається за допомогою пристрою 9 (насосу) до першого десорбера 3 за патрубком 17, з'єднаним з нижньою (донною) частиною десорбера 3. Одночасно по вхідному штуцеру 25 у десорбер 3 подають ропу щільністю $1,2\text{г/см}^3$. В утвореному псевдорозрідженому шарі сорбенту відбувається розділ фаз ропи та розчинника. Десорбції біомаси з магнетиту не відбувається внаслідок високої щільності ропи. Відокремлений шар розчинника 31 концентрується у верхній частині десорбера 3 і декантується за зливним патрубком 27 до екстрактора 8.

Звільнена від розчинника фаза магнетиту через патрубок 18 самопливом з десорбера 3 надходить до відстійника 5. Збільшення питомої ваги магнетиту після екстрагування бета-каротину обумовлює накопичення магнетиту у донній конічній частині відстійника 5, з якої за допомогою пристрою 10 через патрубки 19, 20 він подається до десорбера 4. Одночасно штуцером 26 у десорбер 4 подається прісна вода. В утвореному псевдорозрідженому шарі сорбенту відбувається безпосередньо десорбція не екстрагованої біомаси і регенерація сорбенту (магнетиту). Одержана рідка фаза з магнетитом через патрубок 21 з десорбера 4 подається самопливом до відстійника 6.

Вільна від магнетиту відстоювана рідка фаза зливається з відстійника через патрубок 29. Вона містить багатий переважно білковий комплекс, який може бути використаний, наприклад, як кормова домішка у тваринництві або іншим чином.

Регенований магнетит накопичується на дні відстійника 6, яке має конічну форму, і за патрубками 22, 23 за допомогою пристрою 11 подається до адсорбера 1.

Адсорбер 1 установлено на ваговимірювальній установці 12, яка за допомогою лінії зворотного зв'язку 13 регулює швидкість подання регенованого магнетиту у вигляді рідкої (плинної) фази, автоматично підтримуючи постійну кількість магнетиту у адсорбері 1.

Зазначений процес здійснюється за допомогою заявленої установки безперервно у циклічному режимі.

В усіх ланках установки сорбент (магнетит) являє собою рідку (плинну) фазу, яка легко транспортується з апарата до апарату.

Корисна модель ілюструється прикладом.

Приклад 1

Для одержання бета-каротину з ропи озера Генічеське з концентрацією клітин *Dunaliella salina* 75 тис. в 1 мл, 150 пг бета-каротину на клітину, було зібрано установку за заявленою корисною моделлю.

Адсорбер, десорбери та відстійники було виготовлено з поліетиленових труб висотою 2 м. Адсорбер мав діаметр 315 мм і був виготовлений з плоским дном. Діаметр десорберів та відстійників складав 75 мм, всі вони були виготовлені з конічним дном. Адсорбер був установлений на ваговимірній системі FLINTEC (Німеччина). Розподільчий вузол було закріплено у адсорбері на відстані 3 см від дна, а штуцер для подання регенованого магнетиту - на відстані 10 см.

У процесі експлуатації установки ропу з озера подавали в адсорбер зі швидкістю потоку 25 л/хв. Зверху в адсорбер обережно засипали 70 кг магнетиту з розміром часток 100 мкм. Після стабілізації псевдорозрідженого (киплячого) шару його поверхня частина набула жовтогарячого кольору внаслідок концентрації магнетиту з адсорбованими клітинами *Dunaliella salina*.

За показаннями ваговимірної системи протягом години було декантовано 15 кг магнетиту. Було визначено, що швидкість подання магнетиту в адсорбер з другого відстійника має складати 250 г/хв.

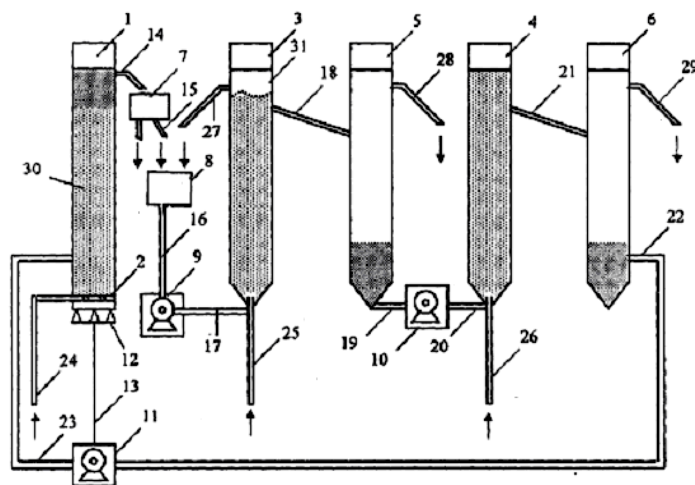
Магнетит з адсорбованими клітинами *Dunaliella salina*, декантований з адсорбера, було відділено від ропи за допомогою постійного магніту. Ропу повернули в озеро, а навантажений магнетит було подано до екстрактора, з якого магнетит з не екстрагованими компонентами біомаси за

допомогою діафрагменного насосу Tarflo було подано до першого десорбера. Одночасно до нього подавали ропу щільністю 1,2 г/см³ зі швидкістю потоку 0,5 л/хв. З верхньої фази першого десорбера втрати розчинника поверталися до екстрактора. У другий десорбер подавали прісну воду зі швидкістю потоку 0,5 л/хв.

Установка стабільно працювала протягом 3 діб. Було зібрано біомасу *Dunaliella salina* з 108 м³ ропи. Після упарювання екстрагованого бета-каротину було одержано 1 кг кристалічного 96% бета-каротину. При нестабільних погодних умовах на озері (сильний вітер, невеликі опади), які впливають на концентрацію клітин *Dunaliella salina* у точці відбору ропи, а також приймаючи до уваги похибку визначення концентрації клітин і вмісту в них бета-каротину, ефективність процесу була досить високою і склала 83%.

Таким чином, заявлено нову установку з виробництва бета-каротину з мікрowodоростей *Dunaliella salina*, конструкція якої в цілому і окремих її елементів технологічна у виготовленні і допускає використання готових пристроїв, наприклад, насосів, екстракторів, сепараторів, магнітів, ваг, що спрощує процес виготовлення, зменшує вартість установки та забезпечує якість її роботи.

Заявлена установка, функціонуючи у безперервному циклічному режимі, забезпечує безвідходний екологічно чистий процес одержання високо-чистого кристалічного бета-каротину. Установка придатна для промислового виробництва бета-каротину з ропи природних солоних водоймищ з достатньою концентрацією *Dunaliella salina*.



Фиг.