

Мальований М. С.,
Никифоров В. В.,
Синельников О. Д.,
Харламова О. В.,
Бунько В. Я.

ВПЛИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

Досліджено вплив гідродинамічної кавітації на біологічні об'єкти. Розглянуто перспективність використання кавітації як самостійної технологічної стадії для інактивації мікроорганізмів та як стадії попередньої обробки ціанобактерій з ціллю збільшення поверхні масообміну для наступних технологій. Встановлено ефективність використання попередньої обробки біомаси ціанобактерій в полі гідродинамічної кавітації для отримання із них в подальшому ліпідів (сировини для виробництва біодизеля) та біогазу.

Ключові слова: гідродинамічна кавітація, біомаса ціанобактерій, біогаз, ліпіди, біологічні об'єкти, інактивація мікроорганізмів.

1. Вступ

Серед відомих гідромеханічних методів інтенсифікації технологічних процесів достатньо ефективною (хоч і в незначній мірі використовуваною на практиці) є кавітація. Інтенсифікація цілої гамми хіміко-технологічних, харчових, фармацевтичних, біологічних та інших процесів накладанням кавітаційного поля обумовлюється кавітаційним подрібненням твердої фази, турбулізацією пограничного дифузійного шару рідини кавітаційними бульбашками, виникненням нестационарних аспектів масовіддачі, для яких характерні високі значення коефіцієнтів масовіддачі. Ряд дослідників [1–3] стверджують, що під впливом кавітації виникають ефекти (рентгєнівське випромінювання, люмінесценція, ініціювання хімічних реакцій), які спричиняють зміну фізико-хімічних властивостей середовища (зміну просторової структури речовин, синтез вільних радикалів). Такі ефекти обумовлюють успішне застосування кавітації для ініціювання хімічних реакцій, інтенсифікації масообміну у процесах розчинення та екстрагування, впливу на біологічні об'єкти та у перспективі — для застосування у технологіях водоочищення. Слід зауважити, що досліджуваний рядом дослідників [1, 4–6] вплив кавітації на біологічні об'єкти в основному зводиться до досліджень ефективності інактивації бактерій, хоча деякі науковці [4, 5] розглядають обробку поверхневих вод у віброкавітаційному полі як спосіб, що може застосовуватись для забезпечення відмирання мікроорганізмів (в тому числі і ціанобактерій).

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Результати інактивації мікроорганізмів під дією кавітаційних ефектів підтверджують [7], що поряд із загальноприйнятими методами інактивації шляхом застосування хімічних агентів можна використовувати кавітаційну обробку, якщо початкове забруднення знаходиться в діапазоні значень $C \leq 10^3$ ос./см³. Механізм комплексної дії кавітації був підтверджений експериментально на

основі проведених досліджень структурно-морфологічних змін, що виникають у мікробній клітині *E.coli* під час кавітаційної обробки у пристрої динамічного типу [1]. Результати мікроскопічного аналізу показали, що за певних режимів обробки рідинного середовища в кавітаційному полі спостерігається зниження контрастності клітин; пошкодження оболонки клітин, зокрема її розрихлення; зменшення чіткості контурів, зміна форми клітин, їх агрегація та механічне руйнування. Зменшення мікробного завантаження призводить до збільшення інтенсивності інактивації мікроорганізмів [1, 8]. Проте залежність інтенсивності інактивації мікроорганізмів від початкового мікробного завантаження та неможливість досягнення однією лише кавітаційною обробкою досягнення концентрацій, менших від ГДК забруднювачів, служать стримуючим фактором для широкого застосування кавітації в промислових процесах обеззаражування як самостійного процесу.

На думку авторів статті, значно ширші перспективи застосування обробки біологічних об'єктів у кавітаційному полі у випадку, коли не вимагається досягнення певних конкретних параметрів обробленого середовища, а ціллю ставиться збільшення поверхні масообміну біологічних об'єктів для інтенсифікації подальших технологічних процесів їх обробки — екстрагування чи біохімічних перетворень. Таким об'єктом могли б бути і синьо-зелені водорості (ціанобактерії, ЦБ), перспективність використання яких для отримання енергоносіїв (біогазу та ліпідів — сировини для виробництва біодизелю) доведена дослідженнями ряду науковців [9–12].

Як показали дані досліджень та спроби практичної реалізації (фірми Gas i NEDO — Японія, GreenFuel Technologies — США, Seambiotic — Ізраїль), біомасою, яка використовується для отримання енергоносіїв, можуть бути культивовані на спеціальних фермах або зібрані з акваторій водойм водорості. Для України такою перспективною біомасою є ціанобактерії (синьо-зелені водорості), які останнім часом внаслідок прогресуючого «цвітіння» води в поверхневих водоймах створюють значні екологічні загрози. «Цвітіння» води (домінуючими агентами якого для умов дніпровських водосховищ

є представники родів *Microcystis*, *Phormidium*, *Aphanizomenon*, *Anabeana* і *Oscillatoria*) є біологічним сигналом неблагополуччя в гідроекосистемах. Серед багаточисельних механічних, фізико-хімічних, біологічних та екологічних методів попередження масового розвитку ціанобактерій найбільш ефективними є два останні, оскільки вони дозволяють позбутись причин, а не наслідків «цвітіння» води [9]. Що ж відноситься до перспектив використання біомаси водоростей для отримання енергоносіїв, то найбільш перспективними утилізаторами сонячної енергії виявилися мікрородорості: максимальне значення ККД фотосинтезу в них досягає 20 %.

Важливим є пошук шляхів інтенсифікації процесів біорозкладу та збільшення частки органічної речовини у біомасі субстрату для біорозкладу, яка витрачається на синтез біогазу. Дослідженнями [13, 14] встановлено, що у випадку, коли як сировина використовуються відходи сільського господарства, перспективною є попередня її підготовка: подрібнення та делігніфікація. В процесі делігніфікації за підвищених температур проходить деградація лігнінової сітки, екстрагування лігніну та більшої частини геміцелюлоз, а також розрив хімічних зв'язків між лігніном та вуглеводними молекулами. Це приводить до зростання поверхні масообміну, яка стає доступною для целюлозолітичних ферментів мікроорганізмів. В результаті подрібнення субстрату на помольному обладнанні також проходить значне збільшення поверхні масообміну, доступної для ферментів мікроорганізмів. Це пришвидшує ферментативний гідроліз та інтенсифікує процес синтезу метану [15]. Процес екстрагування та біорозкладу у ЦБ проходить з низькою інтенсивністю, оскільки вони мають досить щільну клітинну мембрану. З ціллю встановлення ефективності застосування кавітації для інтенсифікації процесів видобутку енергоносіїв із ЦБ авторами статті були проведені дослідження щодо попередньої обробки біомаси в полі гідродинамічної кавітації, в процесі якої утворюються зони високого та низького тисків (які і руйнують клітинні мембрани).

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єктом досліджень є процеси добування енергоносіїв із біомаси ЦБ (екстрагування ліпідів та синтезу біогазу).

Метою досліджень є встановлення ефективності застосування гідродинамічної кавітації для збільшення ефективності процесів добування енергоносіїв із біомаси ЦБ.

Для досягнення цієї цілі проводилась обробка біомаси в полі гідродинамічної кавітації, в подальшому проводилось порівняння кількості екстрагованих ліпідів та кількості синтезованого біогазу із біомаси, яка застосовувалась для цих цілей без будь-якої обробки і біомаси, яка пройшла попередню обробку в полі гідродинамічної кавітації.

4. Матеріали та методи дослідження впливу гідродинамічної кавітації на ефективність процесів добування енергоносіїв із біомаси ЦБ

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувались в експерименті. Для досліджень використо-

увались ЦБ, відібрані на Кременчуцькому водосховищі у м. Світловодськ. Перед початком експериментів приготувлялась суспензія водоростей із вмістом сухої речовини 17,1 г/л, що відповідає реальній концентрації водоростей у місцях скупчення.

На першому етапі досліджень визначався вміст органічної частини водоростей шляхом спалювання наважки висушених водоростей у печі за 550 °С впродовж 15 хв. За результатами досліджень органічна частина складала 94 % від загальної маси водоростей.

Для визначення ефективності попередньої обробки біомаси водоростей в полі гідродинамічної кавітації змонтовано експериментальну установку — кавітатор динамічного типу, в якій і проводились дослідження процесів деструкції оболонки водоростей.

Схему даного експериментального стенду подано на рис. 1.

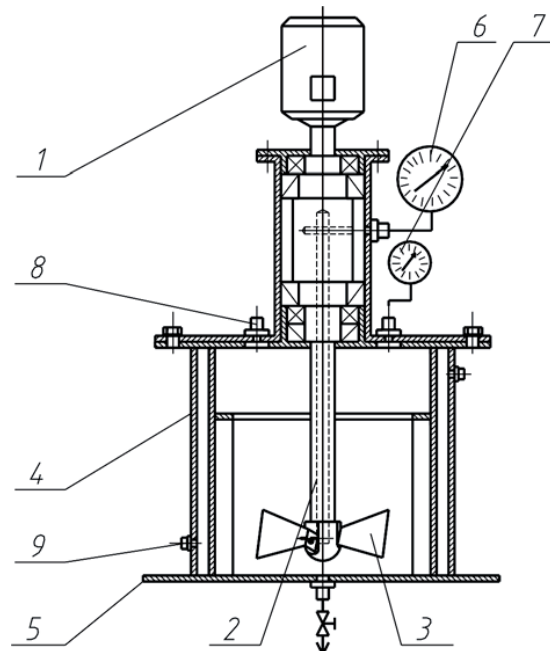


Рис. 1. Схематичне зображення лабораторно-експериментального стенду: 1 — електродвигун; 2 — вал; 3 — кавітаційний орган; 4 — робочий об'єм; 5 — рама; 6 — тахометр; 7 — манометр; 8 — провідні дроти; 9 — штуцер для подачі теплоносія

Установка складалася з електродвигуна 1, робочої ємності 4 об'ємом 1,5 л, виготовленої з органічного скла, кавітуючого органу 3, прикріпленого до порожнистого валу 2. Конструкція стаціонарно встановлена на раму 5. Як кавітуючий орган використовували трилопатеву крильчатку клиновидного профілю з гострою передньою і тупою задньою кромками.

У робочу ємність кавітатора заливали 1 л модельної суспензії. В умовах кавітаційного перемішування порівнювали ефект попередньої підготовки водоростей за частоти обертів робочого колеса 4000 об/хв. Час кавітаційної обробки складав 15 хв. Після кавітаційної обробки проба використовувалась в подальшому для екстрагування ліпідів та для синтезу біогазу.

Експериментальна установка для дослідження кінетики синтезу біогазу із синьо-зелених водоростей (без попередньої кавітаційної підготовки та після такої підготовки) представлена на рис. 2.

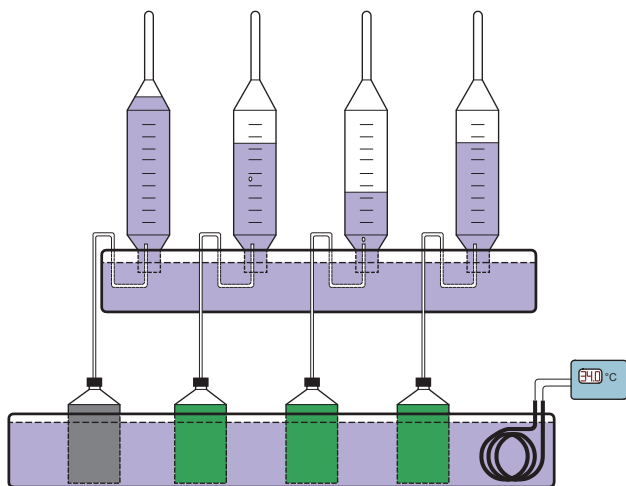


Рис. 2. Експериментальна установка дослідження процесу отримання біогазу

Для проведення експериментів із синтезу біогазу з ціллю імітації складу верхнього шару водосховища, в якому знаходиться невелика кількість анаеробних бактерій, для інтенсифікації процесу анаеробного розкладу, проби змішувались з первинним мулом очисних споруд, у якому міститься значна кількість анаеробних бактерій. До 900 мл кожної з проб добавляли по 50 мл мулу (концентрація сухої речовини 24,0 г/л; органічна частина складала 69,3 %) та поміщали в окремі реактори експериментальної установки, представлені на рис. 2.

4.2. Методика визначення вмісту ліпідів в біомасі та екстракті. Для того, щоб визначити загальний вміст ліпідів у зібраній культурі, водорості висушувались за 80 °С та перемелювались у ступці. Подрібнені водорості змішувались у ділильній лійці з 50 мл гексану та 50 мл води та інтенсивно перемішувались впродовж 10 хв. Тверда фаза водоростей та вода збиралась в нижній частині лійки, а гексан з екстрагованими ліпідами — у верхній її частині. Вода з водоростями зливалась, після чого екстракт кількісно перенесли у випарну чашку. Після випаровування гексану з чашки гравіметрично визначали кількість екстрагованих ліпідів.

4.3. Методика встановлення динаміки синтезу біогазу.

Для того, щоб знати, яка частина біогазу виділяється з мулу, а яка з водоростей, готували нульову пробу шляхом змішування 50 мл мулу з 900 мл води. Отримані розчини водоростей мали рН = 4,57–4,78, що пояснюється початком фази ацетогенезису. Оптимальним для анаеробного розкладу є рН в межах 7–7,5, тому рН в реакторах коригували до 7,5 шляхом добавлення невеликої кількості розчину NaOH. Реактори закривались герметичними корками з газовідвідними трубками. Утворений біогаз збирався у градуйовані колби, які були занурені у воду, рН води підтримувався нижче 5. Оскільки за низьких рН неорганічний вуглець знаходиться у формі CO₂, це дозволяло уникнути розчинення вуглекислого газу, присутнього у біогазі, у воді. Реактори обмотували чорним поліетиленом для недопущення потрапляння світла та поміщали у водяну баню, в якій підтримувалась температура 34 °С (мезофільні умови). Вміст реакторів перемішували впродовж 1 хв. кожних 2 дні. Загальна тривалість досліджень складала 26 днів.

5. Результати досліджень впливу гідродинамічної кавітації на ефективність отримання енергоносіїв із біомаси ЦБ

Результати досліджень впливу гідродинамічної кавітації на ефективність екстрагування ліпідів із біомаси ЦБ представлено на рис. 3.

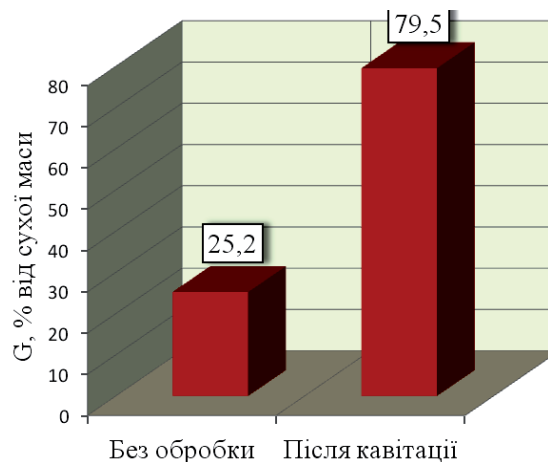


Рис. 3. Залежність ступеня екстрагованих із ціанобактерій ліпідів (в відсотках від загальної кількості) від впливу гідродинамічної кавітації

Дослідження показали, що загальний вміст ліпідів у відібраній пробі ціанобактерій становив 1,27 % від сухої маси. Із біомаси без попередньої обробки в полі гідродинамічної кавітації вдалося екстрагувати ліпіди у кількості, що відповідає 0,32 % сухої маси водоростей (25,2 % від всіх наявних ліпідів). Цей результат підтверджує, що клітинні мембрани необроблених водоростей є тяжкопроникні, і використання їх без обробки для отримання енергоносіїв є ускладненим. Із біомаси, яка пройшла попередню обробку в полі гідродинамічної кавітації, за описаною вище методикою вдалося екстрагувати 0,45 % ліпідів (майже 80 % від всіх наявних ліпідів).

Результати порівняння кількості біогазу, добутого із біомаси без попередньої обробки та після обробки в полі гідродинамічної кавітації, представлені на рис. 4.

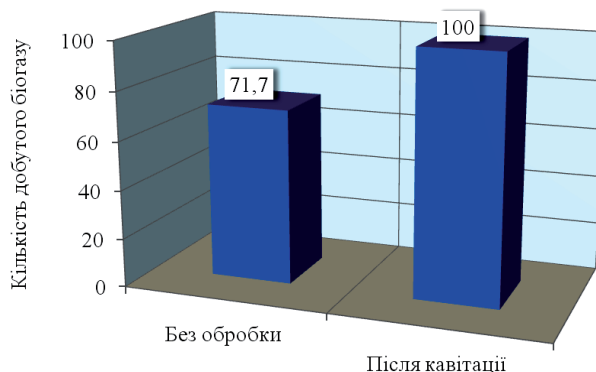


Рис. 4. Залежність кількості біогазу, добутого із ціанобактерій, від їх попередньої обробки в полі гідродинамічної кавітації

Для ефективності порівняння умовно за 100 % прийнято кількість біогазу, яка була добута із проби

після гідродинамічної кавітації. Як видно із рис. 4, попередня гідродинамічна кавітація дозволила збільшити кількість синтезованого із біомаси водоростей біогазу майже на 30 %.

6. Обговорення результатів дослідження впливу гідродинамічної кавітації на ефективність отримання енергоносіїв із біомаси ЦБ

Результати досліджень свідчать про незаперечний вплив кавітації на ефективність отримання енергоносіїв (ліпідів, як джерела для виробництва біодизелю та біогазу) із біомаси ЦБ. Зокрема ступінь екстрагування ліпідів збільшується більш ніж в 3 рази, а кількість синтезованого біогазу зростає майже на 30 %.

На думку авторів статті, ефективність застосування кавітації для впливу на біологічні об'єкти перш за все визначається ціллю застосування обробки цих об'єктів — чи це самостійний процес і в результаті кавітаційної обробки досягається якийсь певний закінчений результат (інактивація мікроорганізмів, відмирання водоростей, зниження вмісту БСК та ХСК), чи це процес підготовки біологічних об'єктів для подальшої реалізації певних технологій (екстрагування цільових продуктів, реалізація біохімічних процесів). У першому випадку в результаті кавітаційної обробки необхідно досягти певних конкретних результатів щодо нормованих показників фізико-хімічного стану середовища, яке обробляється: залишкової кількості мікроорганізмів, вмісту органічних забрудників і т. п.). На думку авторів статті, яка підтверджується рядом даних інших дослідників [1, 7, 8] такого ефекту досягнути не завжди можливо, це залежить від ряду факторів, в тому числі і таких, які не піддаються зовнішньому регулюванню (мікробне навантаження). Це і приводить до обмеження у використанні кавітаційної обробки як самостійного процесу очищення рідинних середовищ.

Що ж відноситься до застосування кавітації для біологічних об'єктів як підготовчого процесу для подальшої реалізації певних технологій, то про перспективність цього напрямку свідчать результати приведених вище досліджень. Різниця у досягнутому ефекті визначається конкретною технологією, яка застосовується після кавітаційної підготовки: у випадку екстрагування внаслідок розкритих під впливом кавітації нових поверхонь масообміну ефект значний, у випадку біохімічного процесу синтезу біогазу, який має значну протяжність в часі, ефект менший, але також важливий для збільшення об'єму добутого біогазу. Тому у кожному конкретному випадку умови кавітаційної обробки (протяжність в часі, конструкція кавітатора, кількість дисипованої енергії) повинна визначатись ефектом, досягнутим в процесі реалізації наступної технологічної стадії.

7. Висновки

В результаті проведених досліджень та їх аналізу встановлено, що обробка біологічних об'єктів в кавітаційному полі, як підготовчий процес для подальшої реалізації певних технологій, перспективна і дозволяє досягти підвищення ефективності цих технологій. Конкретний ефект від кавітаційної обробки у кожному конкретному випадку визначається параметрами кавіта-

ційної обробки та особливостями технологічної стадії, яка реалізується в подальшому.

У випадку застосування гідродинамічної кавітації для збільшення ефективності процесів добування енергоносіїв із біомаси ЦБ, у обробленій в полі гідродинамічної кавітації біомасі ЦБ ступінь екстрагування ліпідів збільшується на 54,3 %, а кількість синтезованого біогазу зростає на 28,3 %.

Література

1. Вітенько, Т. М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних хімічних і біологічних процесах [Текст] / Т. М. Вітенько. — Тернопіль: Видавництво Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя, 2009. — 224 с.
2. Мокрый, Е. Н. Ультразвук в процессах окисления органических соединений [Текст] / Е. Н. Мокрый, В. Л. Старчевский. — Львов: Вища школа, 1987. — 120 с.
3. Pandit, A. V. Hydrolysis of fatty oils: effect of cavitation [Text] / A. V. Pandit, J. B. Joshi // Chemical Engineering Science. — 1993. — Vol. 48, № 19. — P. 3440–3442. doi:10.1016/0009-2509(93)80164-1
4. Шевчук, Л. І. Низькочастотні віброрезонансні кавітатори [Текст]: монографія / Л. І. Шевчук, І. С. Афтаназів, О. І. Строган, В. Л. Старчевський. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. — 176 с.
5. Шевчук, Л. І. Вібраційний електромагнітний кавітатор резонансної дії [Текст] / Л. І. Шевчук, І. С. Афтаназів, О. І. Строган // Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». — 2011. — Вип. 45. — С. 374–379.
6. Бергман, Л. Ультразвук и его применение в науке и технике [Текст] / Л. Бергман. — М.: ИЛ, 1957. — 728 с.
7. Вітенько, Т. М. Гідродинамічна кавітація в процесах дезинфекції води [Текст] / Т. М. Вітенько, Н. М. Волікова // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Машинобудування. — 2002. — Вип. 42, Т. 1. — С. 77–80.
8. Кульський, Л. А. Интенсификация процессов обеззараживания воды [Текст] / Л. А. Кульський, О. С. Савлук, Г. Х. Каюмова. — Киев: Наукова думка, 1978. — 197 с.
9. Никифоров, В. В. Обеспечение экологической безопасности Днепропетровского бассейна путём использования гидробионтов для получения биогаза [Текст]: межвуз. сб. науч. раб. / В. В. Никифоров, С. В. Дегтярь, Е. В. Шмандий // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. — М.: Машиностроение, 2008. — Вип. 5. — С. 51–56.
10. Никифоров, В. В. Использование сине-зелёных водорослей для получения биогаза [Текст] / В. В. Никифоров, В. П. Алфёров, В. М. Шмандий и др. // Гигиена и санитария. — М.: НИИ ЭЧиГОС, 2010. — № 6. — С. 35–37.
11. Приймаченко, А. Д. Фитопланктон и первичная продукция Днепра и днепропетровских водохранилищ [Текст] / А. Д. Приймаченко. — Киев: Наукова думка, 1981. — 278 с.
12. Мальований, М. С. Оптимальні умови отримання енергії із ціанобактерій [Текст] / М. С. Мальований, О. Д. Синельников, О. В. Харламова, А. М. Мальований // Хімічна промисловість України. — 2014. — № 5. — С. 39–43.
13. Барбаш, В. А. Модифікований ASAE-спосіб делігніфікації пшеничної соломи [Текст] / В. А. Барбаш, С. П. Пимаков, І. В. Тембус, М. О. Клік // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. — 2010. — № 2(6). — С. 97–101.
14. Скляр, О. Г. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування [Текст] / О. Г. Скляр, Р. В. Скляр // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. — 2014. — Вип. 4, Т. 1. — С. 3–9.
15. Нестеров, А. И. Оптимизация питательного минерального раствора для метанотребляющих бактерий [Текст] / А. И. Нестеров, Б. Д. Сусленков, Г. А. Старовойтова // Прикладная биохимия и микробиология. — 1973. — № 9. — С. 873–876.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ

Исследовано влияние гидродинамической кавитации на биологические объекты. Рассмотрена перспективность использования кавитации как самостоятельной технологической стадии для инактивации микроорганизмов и как стадии предварительной обработки цианобактерий с целью увеличения поверхности массообмена для последующих технологий. Установлена эффективность использования предварительной обработки биомассы цианобактерий в поле гидродинамической кавитации для получения из них в последующем липидов (сырья для производства биодизеля) и биогаза.

Ключевые слова: гидродинамическая кавитация, биомасса цианобактерий, биогаз, липиды, биологические объекты, инактивация микроорганизмов.

Мальований Мирослав Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: mmal@lp.edu.ua.

Никифоров Володимир Валентинович, доктор біологічних наук, професор, перший проректор, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, Україна.

Синельников Олександр Дмитрович, старший викладач циклу організації служби та цивільного захисту, Вище професійне училище Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Вінниця, Україна.

Харламова Олена Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра екологічної безпеки та організації природокористування, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, Україна.

Бунько Василь Ярославович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра енергетики і автоматики, ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Бережани, Тернопільська обл., Україна.

жанський агротехнічний інститут», Бережани, Тернопільська обл., Україна.

Мальований Мирослав Степанович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та збалансованого природопольовання, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

Никифоров Володимир Валентинович, доктор біологічних наук, професор, перший проректор, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, Україна.

Синельников Олександр Дмитрович, старший преподаватель цикла организации службы и гражданской защиты, Высшее профессиональное училище Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности, Винница, Украина.

Харламова Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра экологической безопасности и организации природопольовання, Кременчуцкий национальный университет им. Михаила Остроградского, Украина.

Бунько Василий Ярославович, кандидат технических наук, доцент, кафедра энергетики и автоматики, ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут», Бережани, Тернопільська обл., Україна.

Malovanuy Myroslav, Lviv Polytechnic National University, Ukraine, e-mail: mmal@lp.edu.ua.

Nykyforov Volodymyr, Kremenchug Mykhailo Ostrohradskiy National University, Ukraine.

Synelnikov Oleksandr, Higher Vocational School of Lviv State University of Life Safety, Vinnitsa, Ukraine.

Kharlamova Olena, Kremenchug Mykhailo Ostrohradskiy National University, Ukraine.

Bunko Vasyly, Branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Berezhansk Agrotechnical Institute», Berezhany, Ternopil region, Ukraine

УДК 665.637.8

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.51054

Гринишин О. Б.,
Хлібишин Ю. Я.,
Нагурський О. А.,
Нагурський А. О.

МЕТОДИ ОДЕРЖАННЯ БІТУМІВ З ЗАЛИШКІВ ПЕРЕРОБКИ ВАЖКИХ НАФТ

Розглянуто основні методи одержання дорожніх бітумів з залишків переробки важких нафт на прикладі залишку орховицької нафти. Описано основні закономірності процесу окиснення цього залишку, а також одержання бітумів з використанням важкої смоли піролізу та нейтралізованого кислого гудрону. Вивчено модифікування бітуму, одержаного з залишку орховицької нафти, латексами та гумовою крихтою.

Ключові слова: бітум, важка нафта, окиснення, модифікування, гудрон, гумова крихта.

1. Вступ

Світові ресурси традиційних легких та середніх нафт невинно зменшуються. Тому важкі нафти сьогодні є одним з найважливіших перспективних джерел вуглеводневої сировини для нафтопереробних заводів. Залишки переробки таких нафт можуть бути використані як сировина для деструктивних процесів з метою одержання моторних палив та інших нафтопродуктів. Однак, враховуючи склад та властивості цих залишків, найбільш оптимальним напрямком їхньої переробки, на думку авторів статті, є бітумне виробництво. У переважній більшості випадків залишки переробки важких нафт не можуть бути використані як залишковий (дистиляційний)

бітум, оскільки не відповідають вимогам нормативних документів до товарної продукції. Для одержання високоякісних дорожніх бітумів з такої сировини необхідно застосовувати методи окиснення, компаундування або модифікування. Враховуючи достатньо великі світові запаси важких нафт та необхідність підвищення якості сучасних бітумних матеріалів, проблема одержання високоякісних дорожніх бітумів з залишків переробки важких нафт є актуальною і потребує вирішення.

2. Аналіз досліджень і публікацій

Для одержання бітумів з залишків переробки важких високосірчистих нафт можна використовувати процес де-