

**УДК 574.6:477.63/64**

**<sup>1</sup>Мальований М.С., д.т.н., проф., <sup>2</sup>Никифоров В.В., д.б.н., проф., <sup>3</sup>Синельников О.Д., <sup>2</sup>Харламова О.В., к.т.н., доц.**

<sup>1</sup>Національний університет „Львівська політехніка”, Україна; <sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна; <sup>3</sup>Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕКРЕАЦІЇ В УМОВАХ НЕКОНТРОЛЬОВАНОГО РОЗВИТКУ ЦІАНОБАКТЕРІЙ**

**Malovanyu M.S., Dr., Prof., Nykyforov V.V. Dr., Prof., Synelnykov O.D., Kharlamova O.V. Ph.D., Assoc. Prof.**

### **TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PROVIDING THE RECREATION IN THE CONDITIONS OF UNCONTROLLED CYANOBACTERIA DEVELOPMENT**

Побудова комплексу ГЕС на Дніпрі окрім очікуваного результату (виробництва дешевої електроенергії) спричинила і загрозливий для екологічної безпеки України результат – значне погіршення екологічного стану Дніпра. Екологічна небезпека формується в процесі роботи потужних ГЕС. Перш за все слід відмітити ГЕС, які побудовані на рівнинних річках. Стримуючи потік води для підняття її рівня, греблі таких станцій утворюють малопроточні водосховища, в яких іде бурхливий розвиток мікрофлори, здатної до фотосинтезу бактерій. Перш за все це ціанобактерії (синьо-зелені водорості). Необхідна для потреб людини прісна вода стає малопридатною до вживання. Згідно відомих даних загальний річний гідроенергетичний потенціал малих річок України оцінюється в 12,5 млрд. кВт·год/рік. Слід відзначити, що на початку 50-х років кількість побудованих в Україні ГЕС становила 956 із загальною потужністю 30 МВт, однак їхнє будівництво було припинено у зв'язку із концепцією концентрації виробництва електроенергії на потужних та теплових гідроелектростанціях. На теперішній час в Україні залишилося 48 ГЕС загальною потужністю 9,3 МВт, а близько 420 перебувають у занедбаному стані.

Забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави є пріоритетним завданням, вирішення якої важливе для нормального функціонування державних інституцій та існування держави взагалі. І в цьому ракурсі перспективним є організація збору синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), чим забезпечується мінімізація екологічної небезпеки Дніпровського каскаду водосховищ від неконтрольованого їх розвитку, та використання їх як сировини для виробництва енергії, чим досягається підвищення ступеня енергетичної незалежності України. На сьогоднішній день людством використовується значна частина енергетичного потенціалу наземної біомаси рослинного походження (шосту частину споживаної енергії отримують із сільськогосподарської та іншої фітомаси, що еквівалентно щоденному використанню понад 4 млн. т нафти), разом з тим біомаса гідробіонтів взагалі та фітопланктону зокрема для виробництва енергії практично не використовується. Не дивлячись на значну кількість досліджень щодо використання ціанобактерій для виробництва енергії (які проте не носять систематичного та закінченого характеру), технології збору та переробки синьо-зелених водоростей не знайшли масового застосування, що пов'язано із відсутністю даних щодо перспектив попередньої обробки біомаси ціанобактерій з ціллю збільшення повноти та інтенсифікації їх біорозкладу, відсутністю інформації щодо оптимальних режимів виробництва біогазу, відсутності раціональної стратегії та технології збору та переробки ціанобактерій.

Нами запропонована комплексна стратегія забезпечення рекреації в умовах

неконтрольованого розвитку ціанобактерій, яка включає такі стадії:

1. Збір біомаси водоростей в акваторіях.
2. Обробка кавітацією у гідродинамічному кавітаційному полі.
3. Концентрування біомаси в гравітаційному полі.
4. Екстракція ліпідів гексаном з наступним виробництвом із них біодизелю.
5. Анаеробний розклад залишку біомаси.
6. Центрифугування відпрацьованої біомаси і компонування її з мінеральними сорбентами з наступним використанням відходів як органо-мінерального добрива.

Всі ці стадії детально досліджені в експериментальних умовах.

Непростим є питання збирання маси ціанобактерій в обсягах, які, з одного боку можуть бути рентабельними для перетворення їх на біогаз та добриво, а з іншого їх вилучення з водойми буде достатнім для оздоровлення басейну річки. Ціанобактерії найпростіше збирати в штиль, коли вони спливають на поверхню і локалізуються там. Оскільки у світовій практиці добре відомі способи очищення від поверхневого забруднення акваторій портів, берегових смуг, океанічних та морських поверхонь від нафтопродуктів після аварій танкерів, то цей досвід може бути корисним і у цьому випадку. Найпростішим на нашу думку варіантом, що дозволив би зібрати великі об'єми ціанобактерій, було б застосування маломірного флоту. Прийнятною схемою було б використання малопотужного буксира, який рухаючись на невеликій швидкості, штовхав би попереду приймач насиченого ціанобактеріями поверхневого шару води. З приймача біомаса потрапляла б до бункеру, з якого помпа перекачувала б її в невеликі цистерни (1–5 м<sup>3</sup>), які тягнув би за собою той же буксир. Після завантаження буксир доставляв би сировину на причал біостанції. На біостанції проходила б почергова обробка цистерн із сконцентрованими у них ціанобактеріями.

Застосування гідродинамічної кавітації обумовлене тим, що клітинні мембрани необроблених водоростей є тяжкопроникні, і використання їх без обробки для отримання енергоносіїв є ускладненим. Окрім того в процесі кавітаційної обробки біомаса додатково диспергується, що сприяє її концентруванню в полі гравітаційних сил. Дослідження динаміки концентрування біомаси в гравітаційному полі показали, що максимальна ступінь розшарування біомаси і освітленої води спостерігається за умови попередньої кавітаційної обробки в полі гідродинамічної кавітації на експериментальному стенді, де як кавітуючий орган використовувалась трилопатева крильчатка клиновидного профілю з гострою передньою та тупою задньою кромками. Частота обертів робочого колеса складала 4000 об/хв., оптимальний час обробки – 7,5 хвилин. У робочу ємність кавітатора заливалась 1 л суспензії ціанобактерій.

Експериментальні дослідження показала, що перспективним є виробництво із зібраних водоростей біодизелю та біогазу. Вміст ліпідів у зібраній культурі синьо-зелених водоростей є незначним (1,27%), і тому методом екстрагування можна вилучити лише незначну частину енергії, що міститься в біомасі. Встановлено, що у випадку застосування гідродинамічної кавітації для збільшення ефективності процесів добування енергоносіїв із біомаси ціанобактерій, у обробленій в полі гідродинамічної кавітації біомасі ціанобактерій ступінь екстрагування ліпідів збільшується на 54,3 %, а кількість синтезованого біогазу зростає на 28,3 %.

Лабораторними та польовими дослідження підтверджено, що відпрацьована після синтезу відновлювальних енергоносіїв біомаса ціанобактерій у суміші із природними дисперсними сорбентами може бути використана як органо-мінеральне добриво.

Проведені дослідження показали, що запропонована нами комплексна стратегія утилізації ціанобактерій в умовах неконтрольованого їх розвитку дозволяє забезпечити управління розвитком рекреації в регіоні.