

ЗБІР ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ ГІДРОБІОНТІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ТА СТІЧНИХ ВОД МЕТОДОМ РОЗІМКНУТОГО БІОЛОГІЧНОГО КОНВЕЄРА**Ю. А. Баландюх, М. С. Мальований, І. С. Тимчук, В. М. Жук**

Національний університет «Львівська політехніка»

ORCID: 0000-0003-3280-1040; 0000-0002-3868-1070; 0000-0001-9344-3035; 0000-0002-2275-0799**М. Л. Копій**

Національний лісотехнічний університет України

ORCID: 0000-0003-4355-5543

Запропоновано концепцію розімкнутого біологічного конвеєра для біологічного очищення забруднених водних середовищ. Проведено аналіз перспективних технологій біологічного очищення стічних та поверхневих вод із використанням гідробіонтів. Проведено аналіз технологічних підходів для збору біомаси трьох типів гідробіонтів: водоплавних водних рослин та макроводоростей; водних рослин із розвинутою кореневою системою та мікроводоростей. Запропоновано стратегію концентрування мікроводоростей із використанням реактивного режиму згущення суспензії. У лабораторних умовах підтверджено високу ефективність методу коагуляційно-флокуляційного гравітаційного загущення суспензій прісноводних мікроводоростей виду *Microcystis aeruginosa*.

Ключові слова: гідробіонти, надлишкова біомаса, збір, концентрування, поверхневі та стічні води, водоплавні рослини, мікроводорості.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Застосуванню гідробіонтів для очищення забруднених стічних вод присвячена значна кількість досліджень. Яскравим прикладом природного (не організованого штучно) очищення забруднених поверхневих вод в акваторіях рік України став бурхливий неконтрольований розвиток водоростей (і в значній мірі синьо – зелених водоростей). Вони отримали сприятливі умови для розвитку внаслідок заневищення гідросфери продуктами життєдіяльності людини – сполуками фосфору та азоту. Сприяло розвитку також будівництво штучних водосховищ на Дніпрі, Дністрі, Південному Бугу та інших ріках України, що спричинило масове утворення мілководних ділянок, які добре прогріваються сонцем. Водорості засвоюючи забруднення сприяють очищенню води, але на стадії відмирання створюють вторинне забруднення (виділення токсичних речовин в повітря і у водне середовище), чим завдають значної шкоди довкіллю [1]. Таким чином цей приклад демонструє як ефективність очищення забруднених водних середовищ із використанням гідробіонтів, так і небезпеку вторинного забруднення довкілля в результаті відсутності організації повного життєвого циклу гідробіонтів (відбору і утилізації надлишкової біомаси, нарощеної в результаті реалізації процесів очищення).

Професор П. Гвоздяк запропонував для біологічних методів очищення забруднених водних середовищ концепцію біологічного конвеєра [2]. Згідно із цією концепцією очищення забруднених водних середовищ доцільно проводити полістадійно із використанням на різних стадіях різних типів гідробіонтів: анаеробних бактерій, аеробних мікроорганізмів (копіотрофи, оліготрофи, найпростіші), фільтраторів, хижаків. Ці гідробіонти використовують для свого розвитку і нарощення біомаси забруднення води (головним чином азотними та фосфорними сполуками), а також і біомасу (тіла) інших гідробіонтів, створюючи замкнутий трофічний ланцюг.

Дослідженню біологічного очищення із використанням певних типів гідробіонтів присвячена чисельна кількість досліджень різних авторів. Найбільша

кількість досліджень присвячена розгляду перспектив очищення забруднених водних середовищ із використанням аеробних та анаеробних мікробіоценозів, мікроводоростей та водоростей, водоплавних гідробіонтів, штучно організованих водно-болотних угідь. Використанню аеробних та анаеробних мікробіоценозів присвячена велика кількість досліджень. Особливо широко освітлюються в науковій літературі результати досліджень анаеробного та аеробного очищення мікробіоценозом муніципальних стічних вод та фільтратів сміттєзвалищ [3–5]. Встановлені оптимальні схеми організації таких процесів, перспективні типи обладнання для їх реалізації, якісний та кількісний склад мікробіоценозів, які застосовуються в таких технологіях. Тому технології відбору надлишкового мікробіоценозу у цих технологіях не були предметом дослідження у цій статті.

Автори [6] розглядають перспективність використання у технологіях очищення забруднених водних середовищ мікроводоростей. Відзначається що мікроводорості можуть складати стійке доповнення до комплексних технологій очищення водних середовищ. На думку [7, 8] на ділянці очищення мікроводоростями у складі комплексної біологічної технології очищення поверхневих та стічних вод найбільш раціонально використовувати консорціум мікроводоростей оптимального, визначеного експериментально складу. Обов'язковою операцією є відбір нарощеної біомаси в цілях недопущення її неконтрольованого біорозкладу. Відібрану надлишкову біомасу доцільно використовувати як сировину для виробництва біопалива та біопродуктів [6].

Значна кількість досліджень присвячена використанню для очищення забруднених поверхневих та стічних вод водоплавних рослин [9]. Найбільш популярними рослинами, які можуть використовуватись для цих цілей, є *Eichornia crassipes*, або водяний гіацинт та *Lemna L.* або ряска.

На сьогоднішній день немає одностайної думки щодо доцільності застосування для очищення забруднених поверхневих вод водяного гіацинту [10,

11]. Водяний гіацинт розглядають головним чином як швидкоростучу водяну рослину, що може ефективно використовуватись для очищення забруднених водних середовищ, обеззаражування каналізаційних відстійників, усунення неприємних запахів, отримання біомаси для різних цілей. Відзначається, що неконтрольоване розповсюдження цієї рослини і відсутність організованого відбору нарощеної біомаси створює біологічну загрозу вторинного забруднення довкілля в період відмирання рослин та їх біорозкладу.

В Україні у стоячих водах найбільш поширена ряска мала (*Lemna minor L.*) та ряска триборозенчаста (*Lemna trisulca L.*). Третій вид - ряска горбата (*Lemna gibba L.*), що має здуті лусочки, зустрічається в Україні рідше, ніж два попередні. Проте опис досліджень щодо застосування цих рослин в біологічних технологіях очищення поверхневих та стічних вод практично відсутній.

Велика кількість досліджень свідчить про ефективність очищення стічних вод від різних типів поллютантів (органічні забруднення, амонійний азот, важкі метали) із використанням штучних водно-болотних ділянок. Спосіб очищення стічних та поверхневих вод із використанням водно-болотних угідь передбачає використання сорбційних процесів для очищення від забруднюючих речовин, хімічних окислювально-відновних реакцій та біологічної активності відібраних рослин, які населяють болотні екосистеми. Обробка стоків за допомогою водно-болотних угідь може проходити в природних чи штучних умовах, тоді їх називають відповідно «заболоченими» та «побудованими водно-болотними угіддями». Таке очищення стічних вод широко застосовується у багатьох країнах (Австрія, Чехія, Данія, Німеччина, Італія, Польща, Португалія, Корея, Японія, Австралія та ін.) Видалення забруднення в побудованих водозбірних системах відбувається завдяки функціонуванню біоплівки, яка утворюється під час протікання стічних вод через русло. Рослини відіграють допоміжну роль у процесі очищення стічних вод. У ризосфері (навколо коренів рослин) виробляється кисень, а інші частини шару є анаеробною зоною і вони погано продукують кисень. Рослини в побудованих водно-болотних системах можна оцінити як елементи, що забезпечують постійне надходження кисню із атмосфери в русло. Дифузія кисню із атмосфери через листя та стебла очерету дозволяє кисню надходити в зону кореня, а потім в екосистему ґрунтового шару, де кисень може бути додатково переданий за допомогою молекулярної дифузії, що виникає внаслідок хаотичного руху частинок газу [12]. Рослини в побудованих водно-болотних системах можуть виконувати такі функції: стабілізація поверхні ґрунтів та захист його від ерозивного вітру, середовище для проживання представників фауни (особливо птахів), теплоізоляція, захист фільтруючого матеріалу від замерзання взимку, створення умов для розвитку гетеротрофних мікроорганізмів, відповідальних за гниття органічної речовини.

В останні роки спостерігається тенденція до будови гібридних побудованих водно-болотних

угідь, що складаються з двох або трьох пластів із вертикальним та горизонтальним потоком стічних вод [13, 14]. На думку багатьох авторів, гібридні побудовані водно-болотні угіддя забезпечують кращі умови для біологічного очищення стічних вод [13, 15]. Використовуючи різні типи побудованих водно-болотних угідь вдається поєднувати не лише різні види рослин, але реалізувати і різні типи технологій очищення стічних вод - з вертикальним та горизонтальним потоком. Для формування побудованих водно-болотних угідь використовувались такі рослини як очерет [16], верба [17], ячмінь, овес, кукурудза, жито [18], а також комбінації із різних типів рослин [19].

Слід відмітити, що поряд із інформацією про ефективність використання різних типів гідробіонтів для очищення забруднених водних середовищ, інформація про ефективні методи відбору надлишкової біомаси гідробіонтів, в значній мірі практичного характеру (що викликано необхідністю попередження вторинного забруднення довкілля продуктами біорозкладу) майже відсутня. Відсутня також інформація щодо утилізації цієї біомаси. Відмічається тільки що вона може бути використана для отримання біогазу [20, 21], в корм тваринам, використання в складі компостів та для інших сільськогосподарських цілей [22].

Метою досліджень є аналітичний огляд відомих технологічних підходів для забезпечення повного життєвого циклу гідробіонтів у біологічних технологіях використання їх для очищення забруднених поверхневих та стічних вод та розроблення оптимальних стратегій збору та концентрування гідробіонтів для подальшої їх утилізації.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. На нашу думку організація у біологічному конвеєрі, що використовується для очищення забруднених водних середовищ [2], трофічного ланцюга не є цілком оправданою. Зона біореактора, головним завданням якої є утилізація надлишкової біомаси, практично не бере участі в очищенні забрудненої води. Слід зауважити, що за всіх намагань автору [2] не вдалось досягти повної утилізації біомаси всередині закритої системи. Поза увагою залишилась зона фітореактора, звідки надлишкова біомаса повинна відводитись та утилізуватись.

Нами запропонована концепція розімкнутого біологічного конвеєра. Головною відмінністю цієї концепції від попередньої є відсутність трофічного ланцюга і навіть відсутність намірів його створити. Нарощену внаслідок використання забруднень як елементів живлення гідробіонтів біомасу ми пропонуємо відводити із системи очищення і направляти у систему утилізації. Окрім того пропонується значно розширити та урізноманітнити зону фітореактора за рахунок використання різних типів гідробіонтів.

Об'єктом дослідження та аналізу щодо раціональних процесів відбору надлишкової біомаси були різні типи гідробіонтів, які можуть використовуватись у біологічних технологіях очищення водних середовищ:

- мікрородорості (ціанобактерії *Microcystis aeruginosa*);

- водоплавні водні рослини (водний гіацинт *Eichornia crassipes* та ряска *Lemna L.*) та макроводорості;

- водні рослини із розвинутою кореневою системою (очерет, осока).

Нами аналізувались оптимальні технології збору (а за потреби і концентрування) цих типів гідробіонтів.

Розглядаючи перспективні технології збору та концентрування гідробіонтів слід відокремити 3 групи технологій та обладнання для збору та концентрування надлишкової біомаси гідробіонтів, нарощеної у процесі очищення забруднених стічних та поверхневих вод:

1. технології та обладнання для збору біомаси водоплавних водних рослин та макроводоростей;

2. технології та обладнання для збору біомаси водних рослин із розвинутою кореневою системою;

3. технології та обладнання для збору та концентрування мікроводоростей.

Збір біомаси водоплавних водних рослин та макроводоростей. Збір водоплавних рослин достатньо відпрацьований технологічно, для цього використовується існуюче технологічне обладнання. На рис. 1 показана технологія збору водного гіацинту, а на рис. 2 – збір макроводоростей.



Рисунок 1 – Збір водяних гіацинтів спеціалізованим водяним комбайном



Рисунок 2 – Збір макроводоростей спеціалізованим водяним комбайном

Збір біомаси водних рослин із розвинутою кореневою системою. Найефективнішим способом очищення поверхні води від надлишкової біомаси гідробіонтів: стрижки очерету, осоки, водоростей та інших диких культур, що засмічують екосистему водойми, можна назвати застосування земснарядів, плавучих комбайнів та косарок. Професійне продуктивне обладнання дозволяє впоратися із вирішенням проблеми відбору надлишкової нарощеної біомаси не тільки швидко, але і з дотриманням всіх основних параметрів, на зразок глибини покосу рослинності для запобігання відновлення її швидкого розростання в акваторії (рис. 3).



Рисунок 3 – Використання плавучої косарки для збору надлишкової біомаси очерету

Плавучі косарки з граблями, земснаряди з ковшами та іншим професійним обладнанням – єдиний вид техніки, що дозволяє ефективно виконати роботи із очищення водойм, оздоровлення екосистеми ставків, озер і русел річок, розчищення акваторії під різні цілі із запобіганням швидкого розростання віддаленої рослинності. Крім того, завдяки високій продуктивності такої техніки, роботи з очищення водойми виконуються в максимально стислі терміни, що дозволяє не вносити коригування в графік виконання базових завдань по експлуатації водойми в повній відповідності з його призначенням. Механізований спосіб очищення водойм від водоростей і очерету супроводжується можливістю ретельного збору продуктів покосу і їх складування в спеціальних відведених місцях із подальшою утилізацією.

Збір та концентрування мікроводоростей. Промислові технології збору та концентрування мікроводоростей до цього часу не розроблені. Саме тому неконтрольований розвиток мікроводоростей в акваторіях рік за відсутності технологій вилучення їх біомаси спричиняє значну екологічну загрозу довіллю в період їх відмирання та біорозкладу. Складність реалізації цих технологій обумовлюється дрібнодисперсним розміром мікроводоростей а також співрозмірністю їх густини із густиною води. Тому відділення їх можливе тільки за умов вилучення із місць концентрування в природних умовах за рахунок гідродинамічних умов водойм (із застійних зон, створених за рахунок відповідного рельєфу берегової лінії, облаштування гребель, верхніх б'єфів гідроелектростанцій). Подальше концентрування зібраної суспензії доцільно проводити в полі

дії гравітаційних сил, перспективним може бути застосування коагуляційно - флотаційних методів концентрування суспензій мікроводоростей.

Вилучення сконцентрованих у місцях «природних концентраторів» ціанобактерій автори в достатньо повній мірі проаналізований авторами [23] Дослідники пропонують проводити багатоступінчато із використанням переливних порогів чи викачувальних рукавів на першому етапі та вертикальних концентраційних колон на другому етапі. На обох етапах операції збору і концентрування є пов'язаними і взаємно доповнюваними.

Перший етап пропонується реалізовувати або в стаціонарних умовах (стаціонарно обладнана в місцях концентрування ціанобактерій система переливних порогів, занурених викачувальних рукавів, «неводів» обладнаних викачувальними рукавами) або із використанням плавучих засобів (спеціально обладнаних суден, занурених барж).

На нашу думку на другому етапі доцільно використовувати реагентну обробку, яка дозволить досягти більшого ступеня концентрування. Дослідження ефективності коагуляційно – флокуляційного методу концентрування [24] проводилось за описаною вище методикою.

Концентрування доцільно проводити для дрібнодисперсних типів гідробіонтів (мікроводоростей), тому нами проводились дослідження концентрування ціанобактерії *Microcystis aeruginosa*. Для досліджень концентрування використовувалась суспензія із початковою концентрацією клітин мікроводоростей від 200 ppm до 1000 ppm (масових часток за сухою речовиною). Для перевірки способу концентрування водної суспензії синьо-зелених водоростей коагуляційно – флокуляційним методом використовувались промислові коагулянти та флокулянти виробництва компанії P.P.H.U. WĘGLO-STAL (Польща). Загалом пройшли випробування:

- полімер-алюмінієві коагулянти марок PAX-18 та PAX-XL19H;
- флокулянт марки A100.

У досліджувану суспензію добавлялись реагенти відповідного складу. Приймалась концепція використання реагентів у мінімально можливих концентраціях (з ціллю підвищення техніко-економічних показників концентрування). Масові концентрації коагулянтів PAX-18 і PAX-XL19H становили 10 ppm і 1 ppm, а концентрація флокулянта A100 10 ppm та 1 ppm за його використання без коагулянтів і лише 1 ppm при застосуванні разом із коагулянтами. Динаміку процесу концентрування суспензії *Microcystis aeruginosa* досліджували за початкової концентрації клітин за сухою речовиною $C_0=500$ ppm. Вміст сухої речовини у суспензії визначали за стандартним методом. Умови досліджень реагентного режиму концентрування ціанобактерій приведені у табл. 1, результати досліджень приведені на рис. 4.

Виходячи із проведеного аналізу (рис.4), оптимальні результати згущення (за співвідношенням ефект – затрати) отримано при спільному застосуванні коагулянтів та флокулянта A100. За масових концентрації коагулянтів PAX-18 і PAX-XL19H

10 ppm та концентрації флокулянта A100 1 ppm за час відстоювання 30 хв після обробки реагентами було досягнуто ефект загущення суспензій відповідно в 11,8 та в 10,4 рази по об'єму.

Таблиця 1 – Умови проведення досліджень концентрування водної суспензії ціанобактерій коагуляційно – флокуляційним методом

Номер реагентного складу	Концентрація реагентів, ppm		
	PAX-18	PAX-XL19H	A100
1	-	-	-
2	10	-	-
3	1	-	-
4	-	10	-
5	-	1	-
6	-	-	10
7	-	-	1
8	10	-	-
9	-	10	1

Масова концентрація клітин *Microcystis aeruginosa* в осаді у результаті коагуляційно-флокуляційної обробки та осадження збільшилася порівняно із початковою відповідно у 9,6 та у 9,0 рази до значень 4800 ppm та 4500 ppm відповідно.

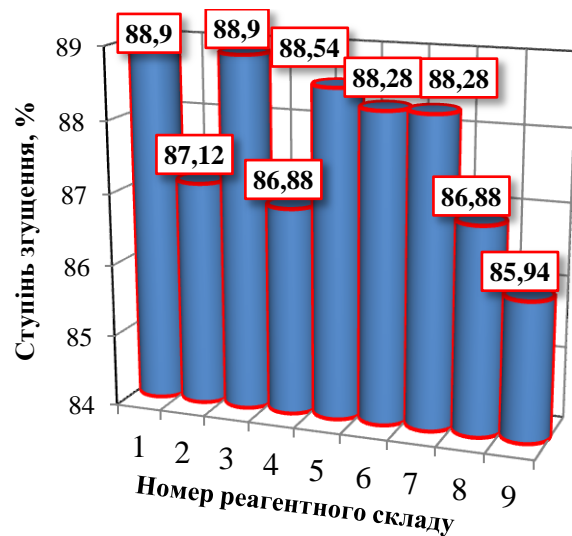


Рисунок 4 – Залежність ступеня згущення суспензії ціанобактерій від реагентного складу

ВИСНОВКИ. Проведений аналіз технологічних підходів для збору біомаси водоплавних водних рослин та макроводоростей та збору біомаси водних рослин із розвинутою кореневою системою. Запропоновано використання для цих операцій існуючого технологічного обладнання: спеціалізованих водних комбайнів, земснарядів та плавучих косарок. На основі аналізу перспективних технологій збору і концентрування мікроводоростей запропоновано використання у цій технології двохетапних процесів: первинний збір за допомогою переливних порогів та занурених викачувальних рукавів та концентрування у вертикальних концентраційних колонах. У лабораторних умовах підтверджено високу ефек-

тивність методу коагуляційно-флокуляційного гравітаційного загушення суспензій прісноводних мікроводоростей виду *Microcystis aeruginosa*. Для попередньої коагуляційно-флокуляційної обробки суспензій було використано водні розчини полімер-алюмінієвих коагулянтів марок PAX-18 та PAX-XL19H, а також флокулянтів марок A100 та C494 виробництва компанії P.P.H.U. WĘGLO-STAL (Польща). Визначено оптимальні концентрації реагентів при коагуляційно-флокуляційному загущенні мікроводоростей виду *Microcystis aeruginosa* у лабораторних умовах. Найбільше загушення за найкоротший проміжок часу отримано за умов спільного застосування коагулянта PAX-18 або PAX-XL19H разом із флокулянтом марки A100. За початкової концентрації клітин *Microcystis aeruginosa* (за сухою речовиною) 500 ppm, масовій концентрації коагулянтів PAX-18 і PAX-XL19H 10 ppm та концентрації флокулянта A100 1 ppm за часу відстоювання 30 хв після обробки реагентами було досягнуто ефект загушення суспензій відповідно в 11,8 та в 10,4 рази по об'єму. Масова концентрація клітин *Microcystis aeruginosa* в осаді у результаті коагуляційно-флокуляційної обробки та осадження збільшилася порівняно із початковою відповідно у 9,6 та у 9,0 рази до значень 4800 ppm та 4500 ppm відповідно.

ЛІТЕРАТУРА

- Reduction of the environmental threat from uncontrolled development of cyanobacteria in waters of Dnipro reservoirs/M.Malovanyu et. al. *Environmental Problems*. 2016. № 1(1) Pp. 61–64.
- Гвоздяк П. За принципом біоконвеєра (Біотехнологія охорони довкілля). *Вісник НАН України*. 2003. № 3. С. 29–36.
- Govahi S. Karimi-Jashni A. Derakhshan M. Treatability of landfill leachate by combined upflow anaerobic sludge blanket reactor and aerated lagoon. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2012. № 9. Pp. 145–151.
- Джамалова Г. А. Математическое планирование эмиссии биогаза и фильтрата в процессе интенсивного анаэробного разложения твердых бытовых отходов в биореакторе. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2. С. 44–50.
- Payandeh P. E., Naser M., Parisa D. Study of Biological Methods in Landfill Leachate Treatment. *Open Journal of Ecology*. 2017. № 7. Pp. 568–580.
- Dogaris I., Ammar E., Philippidis G. P. Prospects of integrating algae technologies into landfill leachate treatment. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2020. № 36:39. 25 p.
- Grupos funcionales fitoplanctonicos en una laguna algal de alta tasa usada para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios. A. Sardi Saavedra et. al. *Acta Biolog Colombiana*. 2018 № 23. Pp. 295–303.
- Sniffen K. D., Sales C. M., Olson M. S Nitrogen removal from raw landfill leachate by an algae–bacteria consortium. *Water Sci Technol*. 2015. № 73. Pp. 479–485.
- Soloviy C., Malovanyu M. Freshwater ecosystem macrophytes and microphytes: development, environmental problems, usage as raw material. Review. *Environmental Problems*. 2019. №4 (3) Pp. 115–124.
- Villamagna A. M., Murphy B. R. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*. 2010. № 55. Pp. 282–298.
- Флюрик Е., Абрамович О., Змитрович А. Использование *Eichhornia crassipes* для очистки сточных вод и получения кормовой добавки. *Труды БГТУ*. 2014. № 4. С. 155–160.
- Brix H. Macrophytes - mediated oxygen transfer in wetlands: Transport mechanism and rates/*Constructed wetlands for water quality improvement*. Ann Arbor. London: Lewis. Chapter 41. Pp. 391–398.
- Gajewska M., Tuszyńska A., Obarska-Pempkowiak H. Influence of configuration of the beds on contaminations removal in hybrid constructed wetlands. *Pol. J. Environ. Stud*. 2004. № 13. Pp. 149–153.
- Hybrid constructed wetlands for the National Parks – a case study, requirements, dimensioning, preliminary results/ K.Józwiakowski et. al./*Natural and Constructed Wetlands. Nutrients, Heavy Metals and Energy Cycling, and Flow*. 2016. Springer. Switzerland. Pp. 247–265.
- Masi F., Martinuzzi N. Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. *Desalination*. 2007. № 1-3. V. 215, Pp. 44–55.
- Constructed wetland as an ecotechnological tool for pollution treatment for conservation of Ganga river/U.N.Rai et. al. *Bioresour. Technol*. 2013. V. 148. Pp. 535–541.
- Technological reliability of pollutant removal in different seasons in one-stage constructed wetland system with horizontal flow operating in the moderate climate/ K.Jozwiakowski et. al. *Separation and Purification Technology*. 2020. V. 238. Pp. 1–23.
- Water Purification from Ions of Cadmium (II) Using a Bio-Plateau/O.Lapan et. al. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. № 20(11), Pp. 29–34.
- The Efficiency and Reliability of Pollutant Removal in a Hybrid Constructed Wetland with Common Reed, Manna Grass, and Virginia Mallow/M.Marzec et. al. *Water*, 2018. № 10, 1445. 18 p.
- The biotechnological ways of blue-green algae complex processing/V.Nykyforov et. al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. № 5(10), Pp. 11–18.
- Malovanyu M., Nikiforov V., Kharlamova O., Synelnikov O. Production of renewable energy resources via complex treatment of cyanobacteria biomass. *Chemistry and Chemical Technology*. 2016. № 10(2). Pp. 251–254.
- Cleaning of reservoirs from algae and cane. 2020. URL: <https://dredgers.com.ua/en/kamish1-2/>
- Екологічна біотехнологія переробки синьо-зелених водоростей/М.В.Загірняк та ін.; ПП Щербатих О.В. Кременчук: 2017. 104 с.
- Experimental investigation of *Microcystis aeruginosa* cyanobacteria thickening to obtain a biomass for the energy production/ M.Malovanyu et. al. *Journal of water and land development*. 2019. №43(X–XII). P. 113–119.

COLLECTION AND CONCENTRATION OF HYDROBIONTS IN SURFACE AND WASTEWATER BY THE OPEN BIOLOGICAL CONVEYOR OPEN METHOD TREATMENT TECHNOLOGY

Ju. Balandiukh, M. Malovanyy, I. Tymchuk., V. Zhuk

Lviv Polytechnic National University

ORCID: 0000-0003-3280-1040; 0000-0002-3868-1070; 0000-0001-9344-3035; 0000-0002-2275-0799

M. Kopyi

Ukrainian National Forestry University

ORCID: 0000-0003-4355-5543

Purpose. The concept of an open biological conveyor for biological treatment of polluted aquatic environments is proposed. Its difference from the known method of biological conveyor, proposed by Professor P. Gvozdyak, is the absence of a trophic chain for the utilization of biomass and a wider range of aquatic organisms in the areas of the phytoreactor. The increased excess biomass is proposed to be used for biogas production. **Methodology.** The analysis of perspective technologies of biological wastewater and surface water treatment with the use of hydrobionts is carried out. The prospects of using aerobic and anaerobic biocenosis for wastewater treatment have been studied. **Results.** An analysis of the prospects for the use of floating aquatic plants - duckweed and water hyacinth for the purification of polluted aquatic environments has been conducted. Information on the use of microalgae in contaminated aquatic environments in biological treatment systems is given. Prospects of application in technologies of biological treatment of artificially constructed wetlands with use of different types of plants are shown: reeds, willows, barley, oats, corn, rye, and also combinations from different types of plants. The analysis of technological approaches for biomass collection of three types of hydrobionts is carried out: floating aquatic plants and macroalgae; aquatic plants with a developed root system and microalgae. For the first two types of hydrobionts it is offered to use specialized water combines. It is proposed to collect microalgae using overflow thresholds or pumping hoses in the first stage and vertical concentration columns in the second stage. **Originality.** In laboratory conditions, the high efficiency of the coagulation-flocculation gravitational suspensions thickening method of the *Microcystis aeruginosa* species freshwater microalgae was confirmed, the optimum reagent regimes for this process were established. **Practical value.** A strategy for concentrating microalgae using the reagent regime of suspension thickening is proposed. References 24, table 1, figures 4.

Key words: hydrobionts, excess biomass, collection, concentration, surface and wastewater, floating aquatic plants, microalgae.

REFERENCES

1. Reduction of the environmental threat from uncontrolled development of cyanobacteria in waters of Dnipro reservoirs. M. Malovanyy et. al. *Environmental Problems*. 2016. Vol. 1(1), pp. 61–64.
2. Hvozdiak, P. (2003). Za pryntsyptom biokonveiera (Biotekhnolohiia okhorony dovkillia). *Visnyk NAN Ukrainy*. No 3. pp. 29–36.
3. Govahi, S., Karimi-Jashni, A., Derakhshan, M. (2012). Treatability of landfill leachate by combined upflow anaerobic sludge blanket reactor and aerated lagoon. *International Journal of Environmental Science and Technology*. No. 9, pp. 145–151.
4. Dzhamalova, G. A. (2015). Matematicheskoe planirovanie emissii biogaza i filtrata v protsesse intensivnogo anaerobnogo razlozheniya tverdyih bytovyih othodov v bioreaktore. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. Vol. 2(2), pp. 44–50.
5. Payandeh, P. E., Naser, M., Parisa, D. (2017). Study of Biological Methods in Landfill Leachate Treatment. *Open Journal of Ecology*. No. 7, pp. 568–580.
6. Dogaris, I., Ammar, E., Philippidis, G. P. (2020). Prospects of integrating algae technologies into landfill leachate treatment. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. No. 36, p. 25.
7. Grupos funcionales fitoplanctynicos en una laguna algal de alta tasa usada para la biorremediación de lixiviados de rellenos sanitarios /A.Sardi Saavedra et. al. *Acta Biolyg Colombiana*. 2018. No. 23, pp. 295–303.
8. Sniffen, K. D., Sales, C. M., Olson, M. S. (2015). Nitrogen removal from raw landfill leachate by an algae–bacteria consortium. *Water Sci Technol*. No. 73, pp. 479–485.
9. Soloviy, C., Malovanyy, M. (2019). Freshwater ecosystem macrophytes and microphytes: development, environmental problems, usage as raw material. Review. *Environmental Problems*. Vol. 4(3), pp. 115–124.
10. Villamagna, A. M., Murphy, B. R. (2010). Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. *Freshwater Biology*. No. 55, pp. 282–298.
11. Flyurik, E. Abramovich, O., Zmitrovich, A. (2014). Ispolzovanie Eichornia crassipes dlya ochistki stochnyih vod i polucheniya kormovoy dobavki. *Trudyi BGTU*. No. 4, pp. 155-160.
12. Brix, H. Macrophytes - mediated oxygen transfer in wetlands: Transport mechanism and rates/*Constructed wetlands for water quality improvement*. Ann Arbor. London: Lewis. Chapter 41, pp. 391-398.
13. Gajewska, M., Tuszyńska, A., Obarska-Pempkowiak, H. (2004). Influence of configuration of the beds on contaminations removal in hybrid constructed wetlands. *Pol. J. Environ. Stud*. No. 13, pp. 149–153.
14. Hybrid constructed wetlands for the National Parks – a case study, requirements, dimensioning, preliminary results/ K.Jóźwiakowski et. al./*Natural and Constructed Wetlands. Nutrients, Heavy Metals and Energy Cycling, and Flow*. 2016. Springer. Switzerland, pp. 247–265.
15. Masi, F., Martinuzzi, N. (2007). Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation. *Desalination*. Vol. 1(3), pp. 44–55.
16. Constructed wetland as an ecotechnological tool for pollution treatment for conservation of Ganga

river/U.N.Rai et. al. *Bioresour. Technol.* 2013. Vol. 148, pp. 535–541.

17. Technological reliability of pollutant removal in different seasons in one-stage constructed wetland system with horizontal flow operating in the moderate climate / K. Jozwiakowski et. al. *Separation and Purification Technology*. 2020. Vol. 238, pp. 1–23.

18. Water Purification from Ions of Cadmium (II) Using a Bio-Plateau / O. Lapan et. al. *Journal of Ecological Engineering*. 2019. Vol. 20(11), pp. 29–34.

19. The Efficiency and Reliability of Pollutant Removal in a Hybrid Constructed Wetland with Common Reed, Manna Grass, and Virginia Mallow / M. Marzec et. al. *Water*, 2018. Vol. 10, p. 18.

20. The biotechnological ways of blue-green algae complex processing / V. Nykyforov et. al. *Eastern-*

European Journal of Enterprise Technologies. 2016. Vol. 5(10), pp. 11–18.

21. Malovanyy, M., Nikiforov, V., Kharlamova, O., Synelnikov, O. (2016). Production of renewable energy resources via complex treatment of cyanobacteria biomass. *Chemistry and Chemical Technology*. Vol. 10(2), pp. 251–254.

22. Cleaning of reservoirs from algae and cane. 2020. URL: <https://dredgers.com.ua/en/kamish1-2/>

23. Ekolohichna biotekhnolohiia pererobky synozelenykh vodorostei / M. V. Zahirniak et al.; PP Shcherbatykh O. V. Kremenchuk: 2017. 104 c.

24. Experimental investigation of *Microcystis aeruginosa* cyanobacteria thickening to obtain a biomass for the energy production / M. Malovanyy et. al. *Journal of water and land development*. 2019. Vol. 43(X–XII), pp. 113–119.

Стаття надійшла 20.01.2021.