

**АЛЬГОЛОГІЗАЦІЯ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО
ВОДОСХОВИЩА ХЛОРЕЛОЮ *IN VIVO* З МЕТОЮ
ОЧИЩЕННЯ ВОДИ І ОТРИМАННЯ БІОМАСИ
ФАРМАЦЕВТИЧНОГО ТА КОРМОВОГО ХАРАКТЕРУ**

**Грубінко В.В., Боднар О.І., Чвалюк Г.В, Омельченко Б.О.,
Галиняк О.В., Ткач Н.М.**

Тернопільський національний педагогічний університет
імені В. Гнатюка

v.grubinko@gmail.com

Водосховище „Тернопільський став” – зарегульований водотік р. Серет – лівої притоки р. Дністер, є типовим прикладом гідроекосистеми у антропогенно трансформованому середовищі [1]. Ця водойма створена штучно, але упродовж довготривалого формування набула властивостей і характеру природної гідроекосистеми [1]. Враховуючи те, що всі процеси становлення природного режиму і входження водойми в природну нішу значно прискорені, вона є багатогранною природною лабораторією. Тип ставу – русловий. Вид регулювання стоку – сезонний. Характер водного живлення – снігове, дощове, ґрунтове; площа водозбірного басейну до межі гідровузла, км² - 9,26; об’єм стоку, млн. м³ – річний (17), повіддя (+6) [1].

Якість водного середовища у ньому формується під впливом трьох чинників: природних і господарських умов формування стоку на водозаборі, кількості і якості стічних вод та інших джерел забруднення водойми, а також процесів, що протікають у самому водосховищі, які значною мірою визначаються його гідрохімічними та гідрологічними особливостями, зокрема, інтенсивністю водообміну (рис. 1).

Особливий функціональний статус у екосистемах такого типу займають водорості, формують як продукцію водойми, так і є чинником функціонування колообігу речовин у ній через підтримання балансу кисню та вуглекислоти. Водорості володіють високою генетичною і морфо-фізіологічною пластичністю та метаболічною активністю, а відтак, характеризуються широкими адаптивними можливостями [3 – 5].

Зазначимо, що останніми тенденціями є використання

мікроводоростей як нових джерел біологічно активних речовин у медицині та фармації, для отримання певних корисних сполук з водоростей для потреб людини і у тваринництві [4].

Chlorella vulgaris – традиційний об'єкт біотехнології очищення води, отримання корисних продуктів: протеїнів, ліпідів, каротиноїдів, вітамінів, тощо [3, 5]. Тому, екстракти і препарати з цих водоростей широко використовуються для отримання кормових та біологічно активних добавок (БАД), фармацевтичних і косметичних засобів [3, 5].

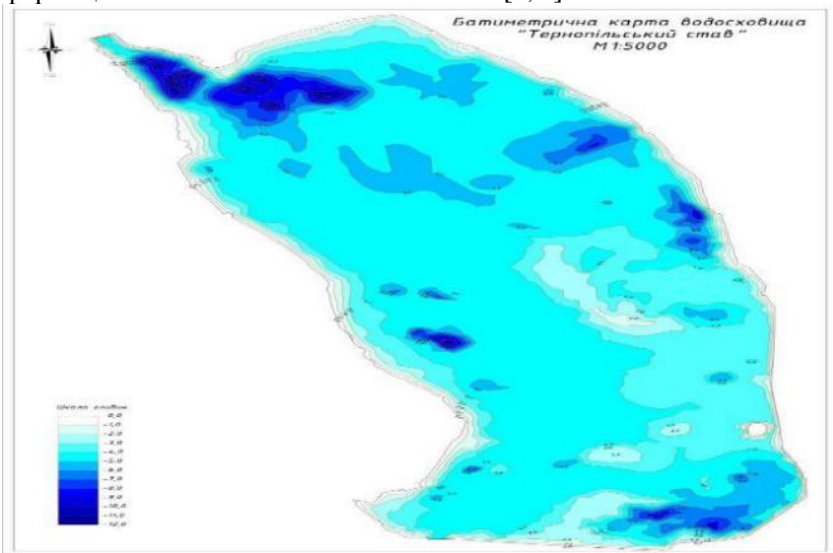


Рис. 1. Гідрологічний характер Тернопільського водосховища.

Однією з проблем є біологічне забруднення вод природних водоймищ патогенними та умовно-патогенними мікроорганізмами і альгофлорою, яке відбувається в результаті надходження в них стічних вод з прибережних населених пунктів, промислових вод, багатих на органічні сполуки з поживними речовинами для мікроводоростей. У процесі евтрофікації надлишок поживних речовин у водоймах викликає надмірне розмноження водоростей. Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів, масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого

кисню при масовому відмиранні водоростей [1, 4].

Застосування хлорели відбувається давно і успішно, зокрема, як біологічний меліоратор, що очищує водойми і покращує якість води.

На сучасному етапі інноваційним підходом є біоремедіація водойм суспензією хлорели, яка основана на альголізації водойм планктонними штамми зеленої мікроводорості *Chlorella vulgaris*. Технологія заснована на біологічних властивостях живої планктонної хлорели пригнічувати дію синьо-зелених водоростей (ціанобактерій). Хлорела проявляє природну конкуренцію та здатна впливати на витіснення синьозелених водоростей з водойми, ліквідує наслідки «цвітіння»: очищує воду, насичує її киснем. На 1,115 г поглинутого водоростями CO₂ виділяється 1,0 г O₂, з них 64% утилізується безпосередньо клітинами хлорели, а 36% – неповне засвоєння та витрати в атмосферу.

Очищуючи водне середовище від біогенних елементів (N і P), водні рослини ще й стримують «цвітіння» води синьо-зеленими водоростями. Перспективним напрямком зниження евтрофікації вод і захисту їх від забруднення є альголізація водойм хлорелою. Штам має здатність «вільного» і рівномірного розподілу в середовищі. Потрапляючи у водойму, хлорела не осідає на дно, розвивається у верхньому (до 40–100 сантиметрів) шарі води, інтенсивно фотосинтезує. За кілька днів хлорела стає домінуючою мікроводорістю.

В Тернопільському водосховищі у процесі реалізації “Комплексної програми розвитку водосховища «Тернопільський став» на 2019 -2021 роки” на площі 311 га (середня глибина близько 10 м) на початку травня 2021 р. було внесено хлорелу у вигляді концентрованої «хлорелової пасти» з розрахунку 1 г пасти на 100 дм³ води. Забруднення водойми було суттєвим, насамперед важкими металами, нафтопродуктами, ПАР, тощо [1]. У попередні роки відмічали розвиток синьо-зелених водоростей, активне “цвітіння” води, її залужнення унаслідок амонізації відмерлих гниючих рослин та водоростей [1, 2]. Температура внесення водоростей становила ~ 8-10⁰ С.

Стабільність розмноження хлорели підтверджено динамікою розмноження водоростей (табл. 1).

Упродовж перших 3-х місяців спостерігали

Біотехнологія та генетика. Цитогенетика і гістоморфологія

експоненціальне наростання кількості клітин у 17,6 раза до $132,1 \cdot 10^7$ клітин/ дм^3 порівняно з їх кількістю у початково – $7,5 \pm 1,6 \cdot 10^7$ клітин/ дм^3 ($p < 0,05$), після чого упродовж усього терміну культивування показник кількості клітин хлорели був постійним у межах $70,1 \cdot 10^7$ клітин/ дм^3 (у практично в 10 разів більше порівняно з їх кількістю в початково ($p < 0,05$)).

Умови середовища були оптимальними як за температурним, так і за показником рН середовища. Продукування кисню було активним і відповідало нормі росту водоростей – 4-6 мг/ дм^3 .

Таблиця 1

Динаміка кількості клітин *Ch. vulgaris* у Тернопільському водосховищі.

Дата	Кількість клітин, шт/ дм^3	Температура води, $^{\circ}\text{C}$	Рівень розчиненого кисню у воді, мг/ дм^3	Кислотність, рН, мг.екв.
05.04.22	$7,50 \cdot 10^7$	8,0	4,2	7,20
10.05.22	$22,10 \cdot 10^7$	14,2	4,8	7,30
08.06.22	$82,35 \cdot 10^7$	20,8	4,9	7,01
07.07.22	$132,10 \cdot 10^7$	22,4	5,4	7,09
15.08.22	$121,85 \cdot 10^7$	21,2	4,9	7,08
12.09.22	$70,95 \cdot 10^7$	18,3	4,2	7,02
14.10.22	$58,15 \cdot 10^7$	14,8	4,8	7,11
09.11.22	$16,32 \cdot 10^7$	10,4	4,6	7,15
06.12.22	$4,36 \cdot 10^7$	6,7	5,7	7,34

Аналогічними до динаміки кількості клітин, були їх загальна біомаса та біомаси основних органічних компонентів. Так, за цих визначених умов досліду, вміст основних органічних компонентів клітин *Ch. vulgaris* становив від загальної біомаси: протеїни – 54%, вуглеводи – 32%, ліпіди – 14%. Упродовж експоненціальної фази у 3,8 раза зріс вміст протеїнів, у 6,3 – вуглеводів, у 3,0 – ліпідів ($p < 0,05$). Надалі до 21–25-ї доби культивування вміст протеїнів був на рівні близько 60 мг сухої маси/ дм^3 , вуглеводів – 35, ліпідів – 12 мг. Співвідношення вуглеводи–протеїни–ліпіди становило: на початку культивування – 5,4:3,2:1,4; на стадії завершення експоненціального росту – 4,7:4,5:0,8; на стадії стаціонарного росту – 5,6:3,3:1,1.

У процесі росту водоростей спостерігали пригнічення розвитку синьозелених водоростей (рис. 2), частка яких зменшилася до 30% у альгопробах, натомість частка клітин хлорели становила 70% від загальної кількості клітин водоростей, а їх біомаса зросла у 5 разів.

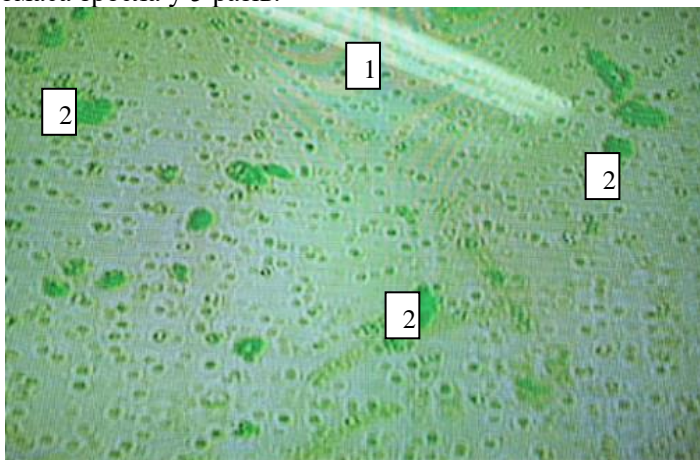


Рис. 2. Фото клітин водоростей (1 - клітини Хлорели, 2 - угруповання синьо-зелених водоростей). Червень - жовтень 2022 р. Збільшення: x 400.

Висновки. Клітини хлорели активно вегетували у літні місяці, зменшення їх вмісту, аж до практично повного припинення вегетації, відбулося за зменшення температури води біля $+6^{\circ}\text{C}$. Призупинився процес евтрофікації, відбувалося пригнічення заростання вищою рослинністю, у воді знизилися показники вмісту сполук азоту та фосфору [1]. Оптимізація альгофлори вплинула на рН води $\sim 7,1$ проти забруднення амонієм у зимовий період – 7,34. Впроваджений штам пригнічує розвиток синьо-зелених водоростей, запобігаючи «цвітінню» води.

Розвиток хлорели відкриває перспективи для вирощування водоростевої біомаси як для очищення водойми, так і використання водоростевої біомаси як сировини кормового, фармацевтичного для косметологічного характеру [1, 3].

Список літератури:

1. Грубінко В.В., Гуменюк Г.Б., Волік О.В., Свинко Й.М., Маккарті Ф.М.Г. Екосистема зарегульованої водойми в умовах урбонавантаження: на прикладі Тернопільського водосховища / за ред. В.В. Грубінка. – Тернопіль : Вектор, 2013. – 201 с.
2. Гандзюра В.П., Грубінко В.В. Концепція шкодочинності в екології. – Київ–Тернопіль: Вид–во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. – 144 с.
3. Золотарьова О.К. Перспективи використання мікроводоростей у біотехнології / О. К. Золотарьова, Є. І. Шнюкова, О. О. Сиваш, Н. Ф. Михайленко. Київ : Альтерпрес, 2008.–234 с.
4. Романенко В.Д. Основи гідроекології. Київ : Генеза, 2010. – 664 с.
5. Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology / Ed. Amos Richmond, Qiang Hu. – Oxford : Wiley, Ltd, 2013. – 726 p.

УДК 615.322:547.94:581.143.6

**ДОСЛІДЖЕННЯ БІОМАСИ КУЛЬТУРИ ТКАНИН
РАУВОЛЬФІЇ ЗМІНОЇ (*RAUWOLFIA SERPENTINA*) НА
ВМІСТ ІНДОЛЬНИХ АЛКАЛОЇДІВ ТА БІОЛОГІЧНУ
АКТИВНІСТЬ**

**Конвалюк І. І.¹, Можишевська Л. П.¹, Бєда О. А.^{1,3}, Мончак
І.Л.², Ядловський О.Є.², Кунах В.А.¹**

¹ Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,

² «ДУ «Інститут фармакології та токсикології АМН України»,

³ Науково-сервісна фірма «Отава»

E-mail: konvalyuk.i.i@gmail.com

Раувольфія зміїна (*Rauwolfia serpentina* Benth. Ex Kurz) – тропічна чагарникова рослина, у коренях якої синтезуються і накопичуються понад 50 індольних алкалоїдів, що мають антиаритмічну, гіпотензивну, седативну, психотропну, протизапальну, антимікробну дію [1,2]. Зважаючи на те, що цей вид відносять до рідкісних лікарських рослин, перспективним є застосування методу культури тканин *in vitro* для отримання