

фізіологічних показників. Стрессова відповідь у досліджених видів водоростей варіювала залежно від їхніх видових особливостей.

1. Колупаєв Ю. Є. Стресові реакції рослин: молекулярно-клітинний рівень. Харків, 2001. 171 с.
2. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях / Кордюм Е.Л. и др. Киев: Наукова думка, 2003. 277 с.

УДК: 582.261.2

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВИХ
ПРОЦЕСІВ ВОДРОСТЕЙ РІЗНИХ ТАКСОНОМІЧНИХ
ГРУП НА ДІЮ МЕТАЛІВ**

Ракочий А. І., Горин О. І., Боднар О. І.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: bodnar@tnpu.edu.ua

Продуктивність є фундаментальною властивістю живої матерії, яка проявляється на всіх рівнях її організації. Вона виступає інтегративним показником, що відображає загальну функціональну активність організму або системи, з урахуванням усіх компенсаторних та адаптивних механізмів у відповідь на вплив чинників навколишнього середовища. Зниження продуктивності та зсув балансу між продукційними й деструкційними процесами в бік зростання ентропії є типовою реакцією екосистеми на токсичне навантаження [1, 2,3]. Загалом продуктивність визначається як здатність до нарощування біомаси, що базується на кількісному зростанні структурних одиниць біосистеми (чисельності) та інтенсивності утворення органічної речовини через процеси фотосинтезу та біосинтезу [1, 4].

Стійкість водоростевих угруповань у прісноводних екосистемах до зовнішніх чинників часто забезпечується за рахунок структурних змін, зокрема коливань чисельності клітин, яка є однією з ключових характеристик популяційної динаміки [5, 6].

Об'єктами лабораторних досліджень слугували альгологічно чисті культури одноклітинних зелених *Chlorella vulgaris* Beij. та діатомових *Mayamaea atomus* (Kützinger) Grun. водоростей, отриманих із колекцій Інститутів ботаніки та гідробиології НАН України [2, 3].

В експерименті щодо впливу іонів цинку (Zn^{2+}) на культури зелених та діатомових водоростей встановлено, що *Ch. vulgaris* проявляє вищу чутливість до дії цинку порівняно з *M. atomus*. Зокрема, за концентрації Zn^{2+} 85 мкг/дм³ чисельність клітин хлорели зросла на 25% у перші 5 діб, тоді як при 190 мкг/дм³ – лише на 5%. За найвищої концентрації (425 мкг/дм³) ріст повністю припинився, а кількість клітин зменшилася на 25%.

Для *M. atomus* спостерігався інший ефект: за концентрації у 85 мкг/дм³ іонів Zn^{2+} чисельність клітин поступово зростала (на 14,5%), що було близьким до контролю. Навіть при 750 мкг/дм³ ріст на початку дослідів був активним, але згодом сповільнився. Наприкінці експерименту чисельність клітин виявилася лише на 12% нижчою за контрольні значення.

За додаткового впливу іонів свинцю (Pb^{2+}) було виявлено подібну чутливість *Ch. vulgaris*, як і до впливу цинку. Так, за концентрації 15 мкг/дм³ протягом перших трьох діб спостерігалось зростання чисельності на 19%, а за 30 мкг/дм³ – на 27%. Надалі цей ефект згасав, і на 15-ту добу найнижчого значення концентрації свинцю чисельність зменшилася на 10% від початкового рівня, а 30 мкг/дм³ – залишилася на початковому рівні. В обох випадках наприкінці дослідів чисельність клітин була на третину меншою за максимум, зафіксований на третій день. За дії максимальної концентрації свинцю (75 мкг/дм³) протягом 14 діб спостерігалось пригнічення росту *Ch. vulgaris*, зменшення чисельності становило майже 30%.

Водночас, за низьких концентрацій Pb^{2+} (15 – 30 мкг/дм³) фіксувалися деякі морфологічні зміни, а саме візуальне потовщення клітинної стінки, та утворення об'єднань клітин, здебільшого, по 2- і 4-клітинних ценобіїв, що відповідає літературним даним про морфологічні зміни під впливом металів, зокрема кадмію і міді, для одноклітинних зелених водоростей [1, 6].

Діатомова водорість *M. atomus* виявилася стійкішою до

додаткового впливу свинцю. Зокрема, за дії 15 мкг/дм³ Pb²⁺ чисельність клітин зросла на 8–10% упродовж перших 5 діб, що перевищувало приріст у контрольному середовищі (4,5%). Надалі приріст клітин сповільнювався, але загальна чисельність залишалася на рівні вихідної. За максимальної концентрації Pb²⁺ (75 мкг/дм³) наприкінці досліду кількість клітин зменшилася на 22%.

Таким чином, визначено, що реакція водоростей на дію іонів цинку та свинцю має видову специфіку. За підвищених концентрацій металів більшу толерантність продемонстрували діатомові водорості, зокрема *Mayamaea atomus*, порівняно із зеленою *Chlorella vulgaris*. Ймовірно, це пов'язано з меншою здатністю діатомей до накопичення металів, а також захисними властивостями їх кремнієвої оболонки, яка виконує бар'єрну функцію. Тоді як для зелених водоростей висока здатність до внутрішньоклітинного накопичення металів спричиняє функціональні порушення, що у подальшому гальмують процеси росту і розмноження.

Список літератури

1. Грубінко В. В. Роль металів в адаптації гідробіонтів: еволюційно-екологічні аспекти. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія : Біологія. 2011. 3, 237–262.
2. Державне агентство водних ресурсів України. Аналітичний огляд стану водних ресурсів у лютому 2023 року. 2023. URL: <https://davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-lyutomu-2023-roku>
3. Рацлав В. В. Дослідження хімічного стану якості вод басейну річки Сіверський Донець через визначення ПР ВРД. *Екологічні науки*. 2022. № 1(28). С. 228–234. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-008-7.2-12>
4. Bodnar, O. I.; Grubinko, V. V.; Gorda, A. I.; Klochenko, P. D. Metabolism of algae under the impact of metal ions of the aquatic medium (A review). *Hydrobiol. J.* 2011, 47 (3), pp 75 – 88.
5. El-Naggar, A. H.; Sheikh, H. M. Response of the green microalga *Chlorella vulgaris* to the oxidative stress caused by

- some heavy metals. Life Sci. J. 2014, 11 (10), pp 1349 – 1357. <https://doi.org/10.7537/MARSLSJ111014.197>
6. Pena- Castro J. M., Martinez-Jeronimo F., Esparza-Garsia F., Canizares-Villanueva R. O. Phenotypic plasticity in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) in response to heavy metals stress. *Chemosphere*. 2014. Vol. 57, № 11. pp. 1629–1636. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.06.041>

УДК 578.07

КАДМІЙ У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РИБ

Петрушка Б. М., Хоменчук В. О., Курант В. З.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: kurant@tnpu.edu.ua

Важкі метали є одними із найбільш небезпечних забруднювачів навколишнього середовища. Забруднення ними гідроекосистем стало глобальною екологічною проблемою, яка загрожує як гідробіонтам, так і людині і вона зростає через індустріалізацію, урбанізацію та зміну клімату [4]. Широке використання важких металів та їх сполук у промисловості та сільському господарстві сприяє їхньому надмірному надходженню у природні води.

Підвищена небезпека цих токсикантів для екосистем обумовлена тим, що на відміну від інших хімічних речовин техногенного походження, метали в природних умовах не руйнуються, а лише змінюють фізико-хімічну форму перебування у середовищі. Особливо це характерно для водного середовища, в якому іони металів накопичуються в результаті змивання із ґрунтових поверхонь, надходження із стічними водами та промисловими відходами, тощо [7].

Усі важкі метали за їх значенням для біоти можна розділити на есенціальні (біогенні) та неесенціальні (токсичні), при цьому їх біологічна або токсична дія проявляється за дуже низьких концентрацій так є не однаковою для різних видів