

УДК 581.57: (581.526.3:547.587:579.232)

Усенко О. М.

Інститут гідробіології НАН України, м.Київ

ВИДОВА РЕЗИСТЕНТНІСТЬ ВОДРОСТЕЙ ДО ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ ВИЩИХ ВОДЯНИХ РОСЛИН

Ключові слова: *резистентність, фітопланктон, вищі водяні рослини, культури водоростей, питома поверхня клітини, фенольні сполуки*

Вступ. Розвиток народного господарства в значній мірі зв'язаний з інтенсифікацією використання водних ресурсів, що в свою чергу супроводжується забрудненням водою мінеральними та органічними речовинами.

Частину із них можна віднести до біологічно активних, що можуть стимулювати, або гальмувати функціональну активність гідробіонтів [4, 16]. Пул розчинених органічних речовин формується за рахунок екзометаболітів біоти, біохімічної і хімічної трансформації виділених у воду сполук, а також алохтонних забруднювачів водою.

Відгук водяних рослин (як нижчих, так і вищих) на забруднення води біологічно активними органічними речовинами у різних систематичних груп цих гідробіонтів відбувається по-різному [1]. Одні види водоростей випадають із альгоутгруповань при незначних концентраціях розчинених у воді ксенобіотиків чи автохтонних речовин. Для інших видів у цих же умовах не змінюється їх фізіологічна активність, а іноді навіть стимулюється. Перш за все слід відзначити принципову можливість поглинання органічних речовин із середовища. Відомо, що рослини здатні асимілювати такі біологічно активні речовини як феноли, хінони, карбонові кислоти, альдегіди, кетони, ефіри, глюкозиди, алкалоїди, вуглеводні тощо. Деякі з них у певних концентраціях спричиняють гальмування внутріклітинного метаболізму в окремих видів, в інших спостерігається сприятливий ефект при недостатніх умовах мінерального живлення [2]. Таким чином, фізіологічна дія яка буває позитивною і негативною, залежно від концентрації, пов'язана з різницею у ступені роз'єднання окислювального фосфорилування і дихання. Позитивний наслідок на ці процеси мають низькі дози фенольних речовин, бо при цьому створюється запас проміжних продуктів, що необхідні як вихідні матеріали для різних біосинтезів [3]. Коли ж роз'єднання поглиблюється, проміжних продуктів створюється більше, ніж потрібно, а дихання перебігає неефективно з втратами у вигляді тепла. В першому випадку стан рослини і її ріст стимульовані, в другому – настає загальне гальмування фізіологічної активності.

Хімічна взаємодія гідробіонтів в екосистемах відбувається на основі впливу на них цілого ряду біологічних й екологічних факторів: фізіологічного стану продуцентів екзометаболітів, циркадних змін фотосинтезу, росту клітин, репродукційних процесів, змін температури, освітлення, рН середовища, гідрологічних і гідрохімічних режимів. При цьому найпоширенішою стала теорія алелопатичного впливу вищих водяних рослин на планктонні водорості [9, 10]. На значення цього чинника, а саме, фенольних сполук у формуванні планктонних альгоугруповань була звернена наша увага.

Матеріал і методика досліджень. Об'єктами досліджень служили альгологічно чисті культури синьозелених (*Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenk. HPDP-6, *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb. HPDP-26, *Phormidium autumnale* (Agardh) Gom. f. *uncinata* (Agardh) Kondrat. HPDP-35, *Oscillatoria limosa* Kuetz. HPDP-15) і зелених (*Chlorella vulgaris* Beijer. ССАР-211/11b) водоростей. У дослідях був використаний також фітопланктон Канівського водосховища.

Водорості вирощували на середовищі Фитцджеральда в модифікації А. Цендера й П. Горема №11 [7] при температурі 22–25°C і висвітленні лампами денного світла з інтенсивністю 4 клк (періодичністю світло/темрява – 16/8).

Підрахунок кількості клітин проводили загальноприйнятим методом [13].

Площа поверхні клітин водоростей розраховували як площа поверхні подібної їй фігури за допомогою методик Т. В. Паршиковой [1] й А. Б. Зотова [6]:

Oscillatoria, Phormidium. Фігура – циліндр (R, h)

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot h$$

$$S = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \text{ (бічна площа поверхні)}$$

Anabaena, Microcystis, Chlorella. Фігура – куля (R)

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3,$$

$$S = 4 \cdot \pi \cdot R^2$$

Питому поверхню клітини визначали в такий спосіб:

а) використовуючи геометричні формули й параметри лінійних розмірів клітини, розраховували значення обсягу ($V_{\text{кл.}}$) і площі поверхні ($S_{\text{кл.}}$);

б) на підставі рівності ($V_{\text{кл.}} \cdot \rho$, при $\rho = 1$) встановлювали співвідношення поверхні клітини до її маси :

$$(S/W)_{\text{кл.}} \text{ (мкм}^2 \text{ мг}^{-1}) = S_{\text{кл.}} / W_{\text{кл.}} = S_{\text{кл.}} / V_{\text{кл.}};$$

в) перетворювали розмірність питомої поверхні клітини в $\text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$:

$$(S/W)_{\text{кл.}} \text{ (м}^2 \text{ кг}^{-1}) = S_{\text{кл.}} / W_{\text{кл.}} \text{ (мкм}^2 \text{ мг}^{-1}) \cdot 1000 \text{ [6].}$$

Фенольні сполуки макрофіта *Glyceria maxima* (лепешняк великий) виділяли за методикою [12], а їхня кількість устанавлювали згідно [3].

Відносну швидкість росту водоростей (μ) визначали згідно [8]:

$$\mu = \frac{1}{x} \times \frac{dx}{dt},$$

де x – початкова біомаса водоростей; dx – приріст біомаси водоростей через певний час; dt – час росту культур.

Отримані результати були оброблені статистично [5].

Результати досліджень та їх обговорення. Особливості зміни структури альгоугруповань під впливом вищої водної рослинності досліджувалися нами в модельних дослідах. У вегетаційні посудини обсягом 10 дм³ вносили воду з Канівського водосховища (Україна) у період масового розвитку синьозелених водоростей. У досліджені варіанти вносили 434 й 868 мкг/дм³ фенолів, виділених з *Glyceria maxima*. Експозиція досліду становила 2, 4, 8 й 13 діб.

Зміни структури планктонних водоростей були зареєстровані як у контролі, так й у досліджених варіантах. При цьому в досліджених варіантах вони були значнішими. Якщо з початку досліду кількість клітин синьозелених водоростей становила 99,21%, то на 13 добу їх було 33,67%, при концентрації фенолів 434 мкг/дм³ – 1,63%, а при збільшенні концентрації цих речовин до 868 мкг/дм³ – 0,22%. При цьому в усіх варіантах досліду збільшувалася кількість клітин зелених водоростей: у першому випадку (контроль) до 41,55%, у другому до 83,22% й у третьому до 89,98% (рис 1).

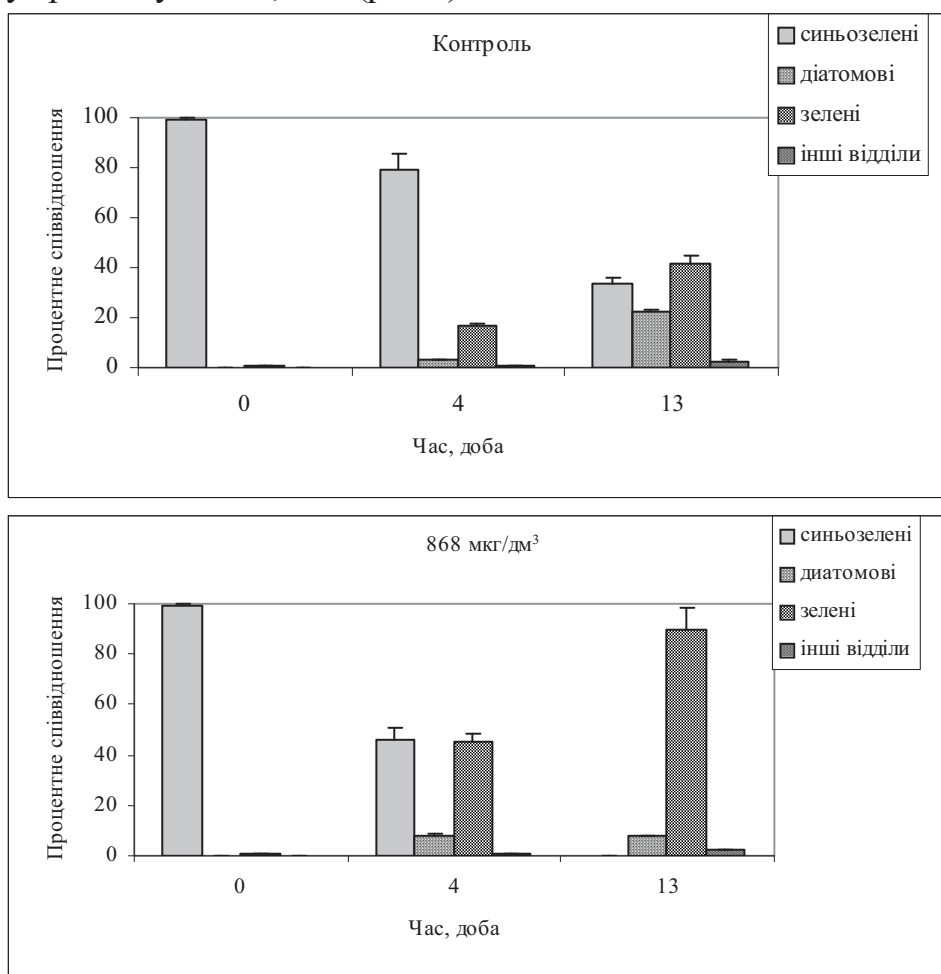


Рис 1. Зміна процентного співвідношення кількості клітин різних видів фітопланктону під впливом фенолів виділених з *Glyceria maxima*

Проведені дослідження вказують на те, що феноли виділені вищими водяними рослинами є токсичними для планктонних синьозелених водоростей [15], стимулюють ріст зелених водоростей й інших еукаріотів при концентраціях, які зустрічаються в місцях зростання макрофітів (таблиця).

Таблиця Летальні для окремих видів водоростей концентрації поліфенолів макрофітів

0,1–0,5 мг/дм ³	0,6–0,9 мг/дм ³	> 1 мг/дм ³
<i>Microcystis aeruginosa</i> Kütz. emend. Elenk. <i>Microcystis</i> <i>wesenbergii</i> (Komárek) Komárek in N.V.Kondrat <i>Anabaena flos-aquae</i> (Lyngb.) Breb. <i>Anabaena hassalii</i> (Kütz.) Wittr. <i>Aphanizomenon flos-</i> <i>aquae</i> (L.) Ralfs	<i>Oscillatoria tenuis</i> Ag. <i>Oscillatoria limosa</i> Kütz. <i>Microcystis pulverea</i> (Wood) Forti in De Toni <i>Merismopedia major</i> (G.M.Sm.) Geitler <i>Aphanothece clathrata</i> W. et G.S. West <i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat <i>Lyngbya kuetzingii</i> (Kütz.) Schmid <i>Lyngbya limnetica</i> Lemm. <i>Calothrix braunii</i> Born. et Flah. <i>Hapalosiphon fontinalis</i> (Ag.) Born. emend. Elenk. <i>Nostoc muscorum</i> Ag. <i>Plectonema boryanum</i> Gom. <i>Phormidium bijugatum</i> Kongiss. <i>Tolypothrix tenuis</i> Kütz.	<i>Chlamydomonas monadina</i> Stein <i>Enallax acutiformis</i> (Schröd.) Hind. <i>Coelastrum sphaericum</i> Nag. <i>Pseudodidymocystis planctonica</i> (Korsch.) Hegew. et Deason <i>Pandorina morum</i> (O.Müll.) Bory <i>Pediastrum duplex</i> Meyen <i>Crucigeniella irregularis</i> (Wille) Tsar. <i>Nitzschia palea</i> (Kütz.) W.Sm. <i>Nitzschia recta</i> Hant. in Rabenh. <i>Oocystis borgei</i> Snow <i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grun. in Cl. et Grun. <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> Wood <i>Cryptomonas marssonii</i> Skuja <i>Trachelomonas hispida</i> (Perty) emend. Defl. <i>Trachelomonas planctonica</i> Swir. <i>Trachelomonas volvocina</i> Ehr. <i>Tetrastrum triangulare</i> (Chod.) Kom. <i>Desmodesmus communis</i> (Hegew.) Hegew. <i>Coccomis placentula</i> Ehr. <i>Melosira varians</i> Ag. <i>Gymnodinium</i> sp. <i>Encyonema caespitosa</i> Kütz.

При цьому було встановлено, що найбільшого пригнічення серед планктонних синьозелених водоростей претерпають види, що визивають «цвітіння» води (*Microcystis aeruginosa*, *Anabaena flos-aquae*, *Aphanizomenon flos-aquae*).

Внесення в культуральне середовища деяких видів синьозелених водоростей фенолкарбонових кислот (ФКК) *Glyceria maxima* показало, що ці метаболіти в різній мірі гальмували виділення водоростями кисню (рис. 2). Зокрема встановлено, що комплекс ФКК досліджуваного макрофіта при концентрації 1,5 мг/дм³ повністю припиняв фотосинтез культури *M. aeruginosa*, менше впливав на фотосинтез *Anabaena* sp. I, вірогідно, не пригнічував виділення кисню культурами *Oscillatoria limosa* й *Phormidium autumnale* f. *uncinata*.

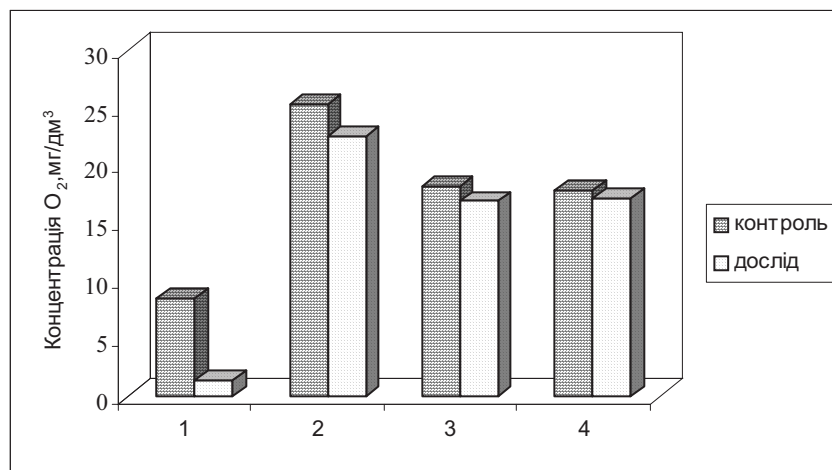


Рис. 2. Зміна інтенсивного виділення кисню клітинами водоростей під впливом фенілкарбонових кислот *Glyceria maxima* протягом 4 годин експозиції при освітленні:

1 – *Microcystis aeruginosa*, 2 – *Anabaena flos-aquae*, 3 – *Oscillatoria limosa*, 4 – *Phormidium autumnale. f. uncinata*

Коливання величин цих показників можуть значно змінюватися. Разом із цим, немає сумніву у тому, що максимальні величини питомої поверхні клітин *M. aeruginosa* найбільші. Можна припустити, що зі збільшенням питомої поверхні клітин водоростей зростає кількість поглинутих із середовища біологічно-активних речовин (БАР), внаслідок чого в клітинній масі збільшується концентрація цих речовин на одиницю біомаси.

Разом із цим розходження в питомій поверхні клітин водоростей не є єдиною причиною їхніх відповідних реакцій на екзогенні біологічно активні речовини.

Наші дослідження показали, що внесення в культуру *Chlorella vulgaris* 2 мг/дм³ кофейної кислоти не приводило до відмирання клітин цієї водорості. Питома поверхня клітин цієї зеленої водорості може бути навіть меншою (800 м²/кг), ніж в *Anabaena flos-aquae*. Спостережувані відмінності в реакції на вплив БАР очевидно, обумовлені тим, що у водоростей різного систематичного положення виділення й поглинання низькомолекулярних речовин через клітинні мембрани має певні особливості [11].

Висновки. Таким чином, одним із механізмів дії біологічно активних речовин на клітину є зміна проникності мембран. Серед них особливої уваги заслуговують речовини фенольної природи. При цьому, феноли різної хімічної структури стосовно водоростей проявляють різну активність. Залежно від кількісного співвідношення компонентів фенольних сполук, які продукуються вищими водними рослинами, їхня загальна кількість по-різному впливає на життєдіяльність окремих груп фітопланктону, являючись тим самим інгібіторами або стимуляторами фізіологічної активності водоростей.

Список літератури

1. Визначення ростових характеристик мікробіодоростей при проведенні моніторингу: Метод. реком. / [Т.В. Паршикова, С.Ф. Петренко, В.А. Порєв, І.П. Новикова]. – К. : Логос. – 2006. – 28 с. 2. Гродзинський А. М. Основи хімічної взаємодії рослин / А. М.

Гродзинський. – К. : Наук. думка, 1973. – 206 с. **3.** Гродзинський А. М. Накопичення фенолів в ґрунті польового ценозу / Гродзинський А. М., Середюк Л. С., Крупа Л. І. // Доповіді АН УРСР. – 1981. – Серія Б, № 10. – С. 64–67. **4.** Гуревич Ф. А. Фитонциды водных и прибрежных растений, их роль в гидробиоценозах : автореф. дисс. на соиск. уч. степени д-ра биол. наук / Ф. А. Гуревич. – Иркутск, 1973. – 59 с. **5.** Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев – М. : Наука, 1984. – 423 с. **6.** Зотов А. Б. Характеристика удельной поверхности таксономических отделов фитопланктона Одесского региона / А. Б. Зотов // Альгология. – 2005. – № 2. – С. 195–204. **7.** Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / [Сиренко Л. А., Сакевич А. И., Осипов Л. Ф. и др.] – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с. **8.** Мусієнко М. М. Фізіологія рослин / М. М. Мусієнко. – К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 392 с. **9.** Романенко В. Д. О механизме действия легкоокисляющихся фенолов на фотосинтетическую активность водорослей / Романенко В. Д., Сакевич А. И., Усенко О. М. // Гидробиол. журн. – 2006. – 42, № 2. – С. 87–97. **10.** Сакевич О. Й. Алелопатія в гідроекосистемах / О. Й. Сакевич, О. М. Усенко. – К. : Логос, 2008. – 345 с. **11.** Сакевич А. И. Особенности отклика пресноводных водорослей на внеклеточные биологически активные вещества / А. И. Сакевич, О. М. Усенко // Гидробиол. журн. – 2009. – 45, № 1. – С. 66–73. **12.** Солдатенков С. В. Анализ органических кислот растений методом ионообменных смол и хроматографии на бумаге / С. В. Солдатенков, Т. А. Мазурова // Методика количественной бумажной хроматографии сахаров, органических кислот и аминокислот у растений. – М. – Л. : Изд-во АН СССР, 1962. – С. 27–42. **13.** Топачевский А. В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А. В. Топачевский, Н. П. Масюк – К. : Вища школа, 1984. – 333 с. **14.** Усенко О. М. Альгицидные свойства полифенолов в зависимости от структуры их молекул / О. М. Усенко, А. И. Сакевич // Гидробиол. журн. – 2004. – 40, № 4. – С. 97–105. **15.** Усенко О. М. Алелопатичний вплив вищих водяних рослин на функціональну активність планктонних синьозелених водорослей : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук / Усенко Олег Михайлович ; І-н ботаніки ім. М.Г. Холодного. – К., 2007. – 23 с. **16.** Grakhov V.P. Study of the properties of allelopathic of various speceis and approaches for their control / V.P.Grakhov, N.P.Didyk // Biodiversity and Allelopathy: from arganisms to ecocystems in the Pacific. – Academia Sinica, Taipei, 1999. – P. 325–343.

Видова резистентність водорослей до екзометаболітів вищих водяних рослин

Усенко О.М.

В статті наведено дослідження за впливом екзометаболітів фенольної природи вищих водяних рослин на структуру альгоспівтовариств и культуру водорослей. Встановлена залежність проникності мембран від концентрації та компонентного складу фенольних сполук.

***Ключові слова:** резистентність, фитопланктон, вищі водяні рослини, культури водорослей, питома поверхня клітини, фенольні сполуки.*

Видовая резистентность водорослей к экзометаболитам высших водных растений

Усенко О.М.

В статье приведены исследования по воздействию экзометаболитов фенольной природы высших водных растений на структуру альгосообществ и культуры водорослей. Установлена зависимость проницаемости мембран от концентрации и компонентного состава фенольных соединений.

***Ключевые слова:** резистентность, фитопланктон, высшие водные растения, культуры водорослей, удельная поверхность клеток, фенольные соединения.*

Species resistance of algae to exometabolites of higher aquatic plants

Usenko O.M.

Results of the study of the influence of exometabolites of phenol nature of higher aquatic plants on the structure of algae communities and on algae cultures are given in the paper. Influence of concentration and composition of phenolic substances on membrane permeability have been studied.

Keywords: *resistance, phytoplankton, algae culturas, higher aquatic plants, specific surface, phenol nature.*

Надійшла до редколегії 22.11.2011

УДК 504.453 (477.43)

Гопчак І.В., Басюк Т.О., Грисюк Т.О.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД р. ГОРИНЬ В МЕЖАХ м. НЕТІШИН (ХАЕС)

Ключові слова: *екологічна оцінка, якість, класифікація, вода, річка*

Вступ. Актуальність теми обумовлена тим, що в басейні р. Горинь, склалася складна водогосподарсько-екологічна ситуація внаслідок порушення природно-екологічної рівноваги [1]. Крім того р. Горинь живить водойму-охолоджувач Хмельницької АЕС, в її басейні розташований Гощанський водозабір підземних вод, призначений для водопостачання м. Рівне, а нижче по течії вона впадає в р. Прип'ять на території Білорусі. Тому виникла необхідність в проведенні екологічної оцінки якості поверхневих вод, яка є складовою частиною нормативної бази для комплексної характеристики стану басейну річки та основою для оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище.

Виконання екологічної оцінки проводилось згідно з „Методикою екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями” [2], яка включає три блоки показників: блок сольового складу, блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників та блок специфічних речовин токсичної дії.

Основною метою досліджень є екологічна оцінка стану поверхневих вод річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Об'єкт дослідження – поверхневі води річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Предмет дослідження – екологічні параметри стоку поверхневих вод річки Горинь в межах м.Нетішин (Хмельницької АЕС).

Окремі питання оцінки гідроекологічного стану басейну Горині в районі Хмельницької АЕС попередньо розглядалися в працях Хільчевського В.К., Ромася М.І., Гребня В.В., Чунарьова О.В., Мельник В.Й. та інших [1].