

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ОКРЕМИХ ДІЛЯНОК р. РОСЬ ЗА ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ДОМІНУЮЧИХ ВИДІВ ВИЩИХ ВОДНИХ РОСЛИН

О.С. Потрохов, О.Г. Зіньковський, Н.А. Могилевич, Ю.М. Худіяш

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ

Досліджено ряд фізіолого-біохімічних показників рогозу широколистого та глечиків жовтих на фоні антропогенного тиску на екосистему окремих ділянок р. Рось. Отримані дані дають змогу судити про рівень екологічного негаразду забруднених ділянок річки

Вищі водні рослини можуть слугувати організмами-моніторами забруднення водойм. У процесі життєдіяльності вони поглинають з води речовини різної хімічної природи, зокрема токсичні сполуки, що в свою чергу позначається на фізіолого-біохімічному статусі рослин. Поглинання токсичних речовин, що відбувається у процесі транспірації, сприяє їх переміщенню по всій рослині з подальшим виділенням через дихальцевий апарат або із затримкою в певних органах рослин. Активне поглинання токсичних речовин з подальшою метаболізацією може зумовити їх повну або часткову детоксикацію. Окрім антропогенних чинників, на фізіолого-біохімічний стан рослин впливають і природні абіотичні: температура навколишнього середовища, інтенсивність освітлення, вміст біогенних елементів у воді, рівень води та ін. [14].

Рослини різного таксономічного рангу проявляють різну стійкість до підвищення вмісту у водоймі біогенних елементів, хлоридів, сульфідів, важких металів та інших токсикантів, що призводить до посиленого розвитку одних видів і пригніблення або зникнення інших. У результаті цього порушується рівновага в структурі фітоценозу, відбувається збіднення видового складу. У ряді випадків утворюються фітоценози, представлені на 90% і більше одним видом рослин, стійким до надлишку в середовищі одного або кількох хімічних елементів (свого роду захисна функція рослинного організму) або здатним їх знешкоджувати.

При вивченні антропогенного навантаження на екосистему найбільш цінним є

вивчення екологічних наслідків дії різних забруднювачів водного середовища на характеристики росту і відтворювальну здатність організмів порівняно з “чистими” умовами їх місцеперебування. З цієї метою необхідне проведення біоіндексації і біомоніторингу водойм, особливо для вищих водних рослин, що постійно знаходяться в цих умовах, створюють основу прибережних та мілководних біотопів у місцях нересту та нагулу риб.

Екологічна характеристика водойм неможлива без оцінки стану вищих водних рослин, оскільки інші гідробіонти наявні в цьому районі не постійно, а рослини піддаються довгостроковому впливу хімічних факторів середовища і більш адекватно відображають екологічний стан певної ділянки водойми. На основі даних зі стану вищих водних рослин за їх основними фізіолого-біохімічними показниками можливо прогнозувати вплив екологічних умов певної ділянки водойми на розвиток ікри фітофільних риб та умови нагулу личинок і молоді риб у заростях рослин. Подібні дослідження проводили в тропічних водоймах, де, виходячи з стану вищих водних рослин, визначали умови існування риб і оцінювали можливість рибальства в цьому біотопі [1].

Вища водна рослинність також безпосередньо впливає на продукційні можливості фітопланктону, а по трофічному ланцюгу і на розвиток зоопланктону в даній водоймі [2].

Вищі водні рослини використовували як біотести при дослідженні різних груп токсикантів — таких, як важкі метали, пестициди, нафтопродукти, азотисті

сполуки [3–6]. Однак у всіх цих дослідженнях визначали вміст токсикантів у тканинах рослин, тобто були відсутні інтегральні показники, що характеризували б загальну токсичність середовища і дію антропогенних факторів, зокрема забруднювачів водного середовища, на фізіолого-біохімічний стан автотрофів.

Як показали наші попередні дослідження [7], застосування деяких фізіолого-біохімічних показників вищих водних рослин дає адекватну характеристику екологічного стану водойм.

У рослинах під дією різних факторів навколишнього середовища відбуваються біохімічні реакції за типом стресу [8–10]. Зміна фізіолого-біохімічного стану рослин переважно відображає інтенсивність дії стресуючого фактора і меншою мірою залежить від його конкретної природи.

Метою роботи було визначення фізіолого-біохімічних показників водних рослин, які можуть найбільш адекватно відображати і характеризувати екологічний стан р. Рось, а також визначення тих ділянок, річки, де біота найбільше зазнала антропогенного впливу.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

З метою дослідження фізіолого-біохімічного стану вищих водних рослин під впливом природних і антропогенних чинників та визначення загальної токсич-

ності води для збору зразків автотрофів були відібрані різні ділянки р. Рось.

При цьому розглянуті такі точки (т.) (рис. 1):

т. А — прийнята за умовний контроль, розміщена вище витоку забруднених струмків;

т. В — перший гасовий струмок (місце витоку вод з підземних сховищ, забруднених нафтопродуктами);

т. С — проміжна точка (досить чиста ділянка річки);

т. D — залізний струмок (місце витоку невизначених токсикантів, вірогідно токсичних речовин з колишнього стратегічного аеродрому);

т. E — перший струмок із болота;

т. F — струмок “Палієва гора”;

т. G — стік з рибницьких ставків Білоцерківської експериментальної гідробіологічної станції, та зі ставків дендропарку “Олександрія” з підвищеним рівнем мінерального азоту у воді (за іонами амонію в 10–30 вище ГДК);

т. H — стік зі ставків дендропарку “Олександрія” меншою мірою забруднених азотистими сполуками (див. рис. 1).

У таких ділянках р. Рось найбільш широко представлені рогіз широколистяний (*Typha latifolia* L.) та глечики жовті (*Nuphar lutea* L.).

Проби рослин відбирали в кінці травня (початок активної вегетації рослин) та

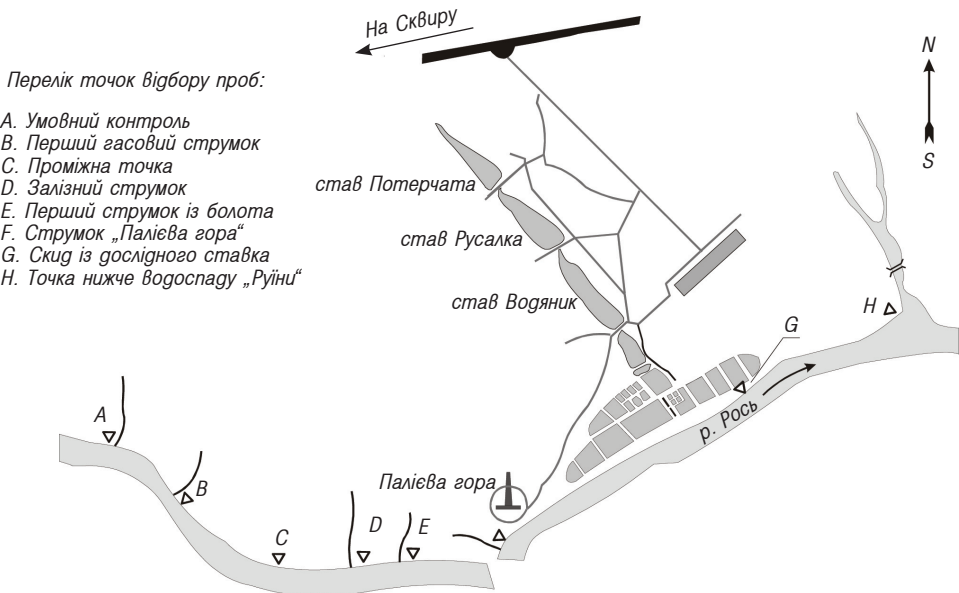


Рис. 1. Розташування точок відбору проб на р. Рось

другої декади липня (середина вегетації, цвітіння, плодоношення) в сонячний день від 12 до 14 год. Весна 2004 р. характеризувалася низькою водністю через тривалу відсутність опадів.

Для фіксації відбирали такі частини рослин: рогіз — середні частини листових пластинок, глечики — занурені у воду листя.

Для характеристики активності біосинтетичних процесів у листях рослин визначали вміст РНК, ДНК та їх співвідношення [11]. Для характеристики фізіолого-біохімічного стану рослин і впливу на них природних та антропогенних чинників визначали показники: вуглеводного обміну — вміст клітковини та крохмалю, ліпідного обміну — вміст фосфоліпідів, гліколіпідів (моно- і дигалктоліпідів) [11], азотистого обміну — вміст амонію [12], білків [13].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На підставі попередніх досліджень [7] встановлено, що біохімічні маркери рослин можливо використовувати для оцінки стану навколишнього середовища. Дані з визначення вмісту РНК, співвідношення РНК/ДНК, вмісту гліколіпідів, білка, клітковини, нітритів та амонію в листових пластинках вищих водних рослин характеризують зміни якості водного середовища, зумовлені антропогенним навантаженням.

У різні сезони року (весна, літо) на відмінних стадіях розвитку рослин закономірності змін їх біохімічних показників під дією водного середовища значно відрізняються. Це проявляється у весняний період, коли рослини перебувають у стадії швидкого росту. Тому більш доцільно досліджувати біохімічні показники рослин як маркери стану водного середовища в літній період під час бутонізації та цвітіння водних макрофітів.

Важливим етапом вивчення біохімічного статусу організму є вивчення обміну нуклеїнових кислот, показниками ж рівня перебігу нуклеїнового обміну є зміна вмісту РНК. Роль і значення РНК у рослинних клітинах загальновідомі. Співвідношення РНК/ДНК досить адекватно відображає зміни активності метаболізму і залежить від активності росту

та стадії розвитку організму. Низка інших фізіолого-біохімічних показників вміст нуклеїнових кислот переважно більш точно відображає реакцію рослин на дію різноманітних антропогенних чинників [15–18]. Зміни вмісту РНК у клітинах рослин у свою чергу призводить до глибоких анатомічних і цитологічних порушень [19]. Відзначається пряма залежність між кількістю РНК у тканинах рослин і рівнем білкового синтезу [20].

На підставі даних про вміст РНК співвідношення РНК/ДНК у листях рогозу можливо відмітити загальну тенденцію: т. *D* характеризується значним антропогенним впливом на фізіологічний стан рослини (рис. 2). Активність метаболічних процесів, що відбуваються у листі рогозу, істотно знижується за даним співвідношенням РНК/ДНК, як у травні, так і липні (в 1,7–12,4 раза). Водночас навесні в рік з меншою водністю спостерігається негативний вплив струмкових вод на показники нуклеїнового обміну в листі рогозу в т. *E* (стік болотних вод) та т. *G* (стік вод зі ставків, забруднених алохтонним азотом), коли співвідношення РНК/ДНК у рогозі нижче в 3,3–10,1 раза, ніж у період з нормальною водністю (2003 р.) (див. рис. 2).

У листках глечиків жовтих співвідношення РНК/ДНК істотно не змінювалося в різних точках р. Рось. Для цих рослин у різних сезонах року характерна відмінність за вмістом ДНК у тканинах в т. *A* і т. *G* по р. Рось. Так, навесні вміст ДНК у занурених листках більший щодо решти точок на 10–12% (клітини більш дрібні), а влітку він знижений в т. *A* на 57%, в т. *G* збільшений на 56%. Тобто в зоні стоків ставкових вод рослини продовжують швидкий ріст, а на ділянці з чистою водою ріст уповільнюється. На відміну від рогозу, глечики жовті по-іншому реагують на дію чинників навколишнього середовища, активність метаболічних процесів у занурених листках глечиків жовтих посилюється, судячи з вмісту в них РНК та співвідношення РНК/ДНК. Таке явище спостерігається на ділянці т. *D*, де вміст нуклеїнових кислот значно перевищує значення цього показника в листках глечиків з інших точок.

Із зниженням вмісту РНК та співвідношення РНК/ДНК у листі рогозу змен-

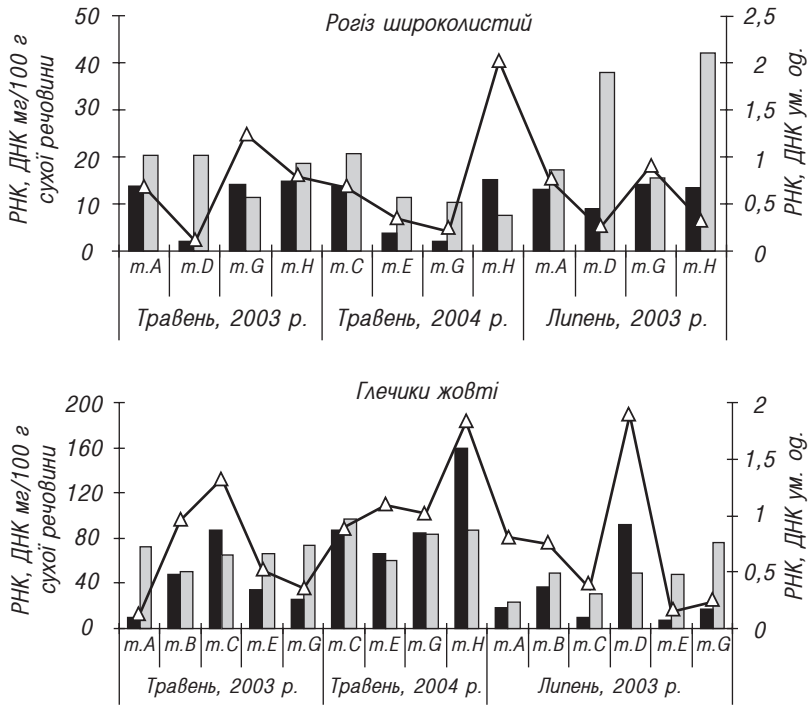


Рис. 2. Вміст нуклеїнових кислот у листі рогозу широколистого та глечиків жовтих на різних ділянках р. Рось. ■ — РНК; □ — ДНК; —△— РНК/ДНК

шується кількість білків у тканинах рослин. У травні та липні кількість білків у рослинах із зон сильного антропогенного тиску (т. D і т. E у маловодні роки) мінімальна і становить 219–256 мг/г сухої речовини. Це також свідчить про несприятливі умови існування рослин на цих ділянках річки та наявність у воді токсичних речовин (рис. 3).

Фосфоліпіди, як структурні компоненти мембран, розподіляються по всім тканинам рослин. У наших дослідженнях спостерігається збільшення вмісту фосфоліпідів у листових пластинках рогозу в травні на ділянці т. D, максимальне значення цього показника відмічено 32,4 мг P/100 г сухої речовини. Вірогідно в клітинах рослин збільшена кількість мембран ендоплазматичного ретикуліну (рис. 4). Можливо ці зміни відображають процеси адаптації рослин до діючих факторів довкілля. Влітку в листях рогозу мінімальна кількість фосфоліпідів відмічається в районі стоку біогенних речовин зі ставків (тт. G, H), а максимальний їх вміст — на ділянках з більш екологічно чистими умовами існування рослин.

Цей показник має проміжне значення в листках рослин, що розвиваються в несприятливих умовах.

Глечики жовті менш чутливі до дії біотичних і абіотичних факторів за показниками вмісту фосфоліпідів. Найбільш піддаються змінам кількісні показники вмісту фосфоліпідів у листках глечиків навесні, коли мінімальна їх кількість відмічена в районі стоку струмка, забрудненого нафтопродуктами (див. рис. 4).

На основі аналізу літературних даних можна дійти висновку, що для оцінки фізіолого-біохімічного стану вищих водних рослин і екологічної ситуації конкретної ділянки водойми найбільш доцільно вибрати інтегральні показники, що характеризують ліпідний обмін рослин, вміст гліколіпідів у тканинах, зокрема моно- і дигалактоліпідів. Ці сполуки становлять понад 77% фотосинтетичних мембранних ліпідів хлоропластів вищих рослин [21]. Гліколіпіди мають ключове значення в підтримці структури мембран. Вони містяться на двох шарових мембранах хлоропластів рослин [22]. Гліколіпіди (моногалакто- і дигалактоліпіди) мають істотне

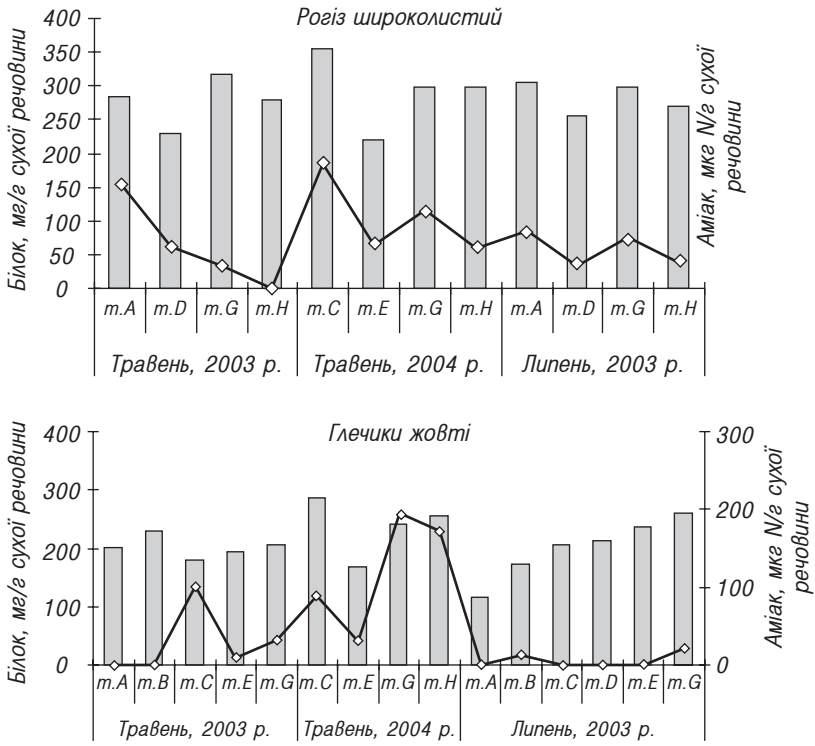


Рис. 3. Вміст білків та аміаку в листі рогозу широколистого та глечиків на різних ділянках р. Рось. □ — Білок; ◇ — Аміак

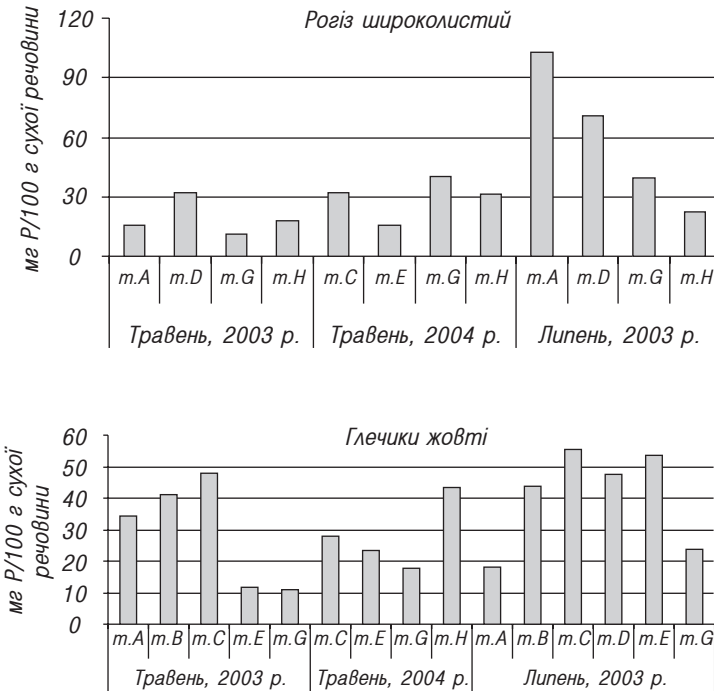


Рис. 4. Вміст фосфоліпідів у листі рогозу широколистого та глечиків жовтих на різних ділянках р. Рось. □ — Фосфоліпіді

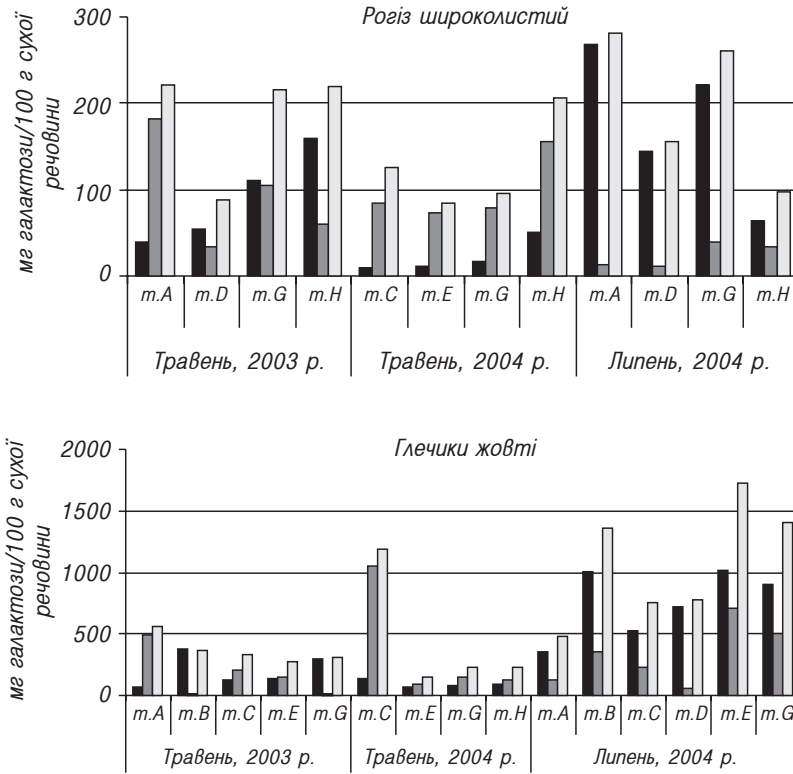


Рис. 5. Вміст гліколіпідів у листі рогозу широколистого та глечиків жовтих на різних ділянках р. Рось. ■ — Моногалактоліпіди; ■ — Дигалактоліпіди; □ — Сума гліколіпідів.

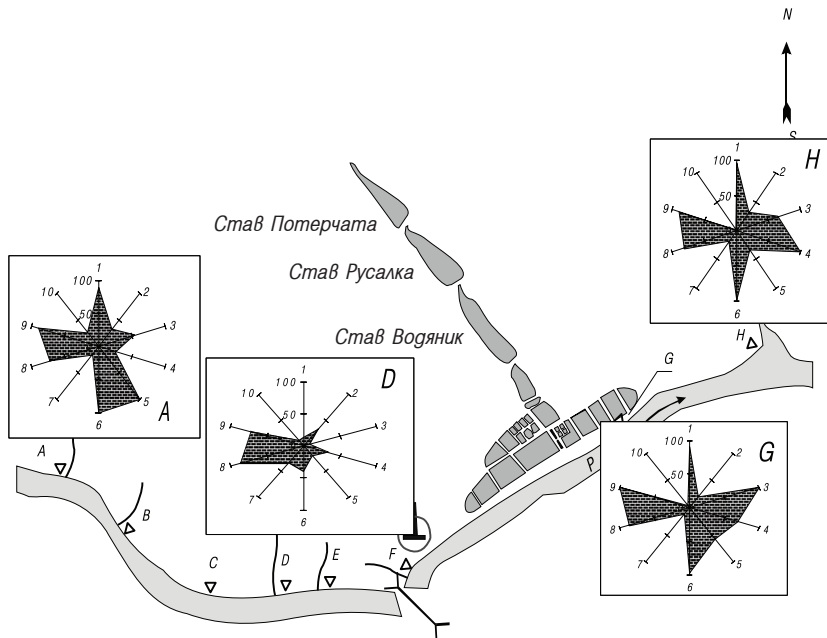
значення в термоадаптації вищих водних рослин [23, 24]. У різних видів рослин спостерігається вплив стрес-факторів навколишнього середовища на вміст ліпідів у фотосинтезуючих тканинах. Причиною цього явища є, очевидно, стабілізація фотосинтетичних процесів [8].

Вміст гліколіпідів у листі характеризує активність фотосинтетичних процесів рослин. Навесні менша кількість суми гліколіпідів у тканинах рогозу спостерігається в зонах дії антропогенних чинників (рис. 5). Причому значення суми гліколіпідів у листках в т. D були в 1,9–2,5 раза нижче, ніж на всіх інших ділянках. Моногліколіпіди (галактоліпіди) містились у листках рогозу в більшій кількості, ніж дигалактоліпіди, або ці значення були рівні. В 2004 р. за меншої водності спостерігаються прояви токсичного впливу води струмків з боліт та рибницьких ставків, забруднених алохтонним азотом. Причому значно більша частка гліколіпідів у тканинах рогозу була представлена дигалактоліпідами. Влітку

кількість гліколіпідів у листі була меншою в т. H (зона стоків з рибницьких ставків) і т. D. У цей період часу кількість дигалактоліпідів була зовсім незначна й істотно відрізнялась від вмісту моногалактоліпідів. Загалом фотосинтетична активність рогозу широколистого за показниками вмісту гліколіпідів не змінювалася протягом вегетативного періоду.

Для глечиків жовтих відмічена сезонна зміна фотосинтетичних процесів, влітку вона була в 2–3 рази вища. Різниця між вмістом моногалактоліпідів у листках не була до такої міри значною, як для рогозу. Рослини менше підпадали під дію зовнішніх факторів середовища очевидно через те, що містились у більш віддалених від берега ділянках річки, через що менше зазнавали дії антропогенних чинників.

Як видно з рис. 6, на прикладі рогозу широколистого навесні 2003 р. у місцях сильного антропогенного навантаження (т. D) відбувається зменшення низки фізіолого-біохімічних показників, що



Умовні позначення: 1 — РНК; 2 — ДНК; 3 — РНК/ДНК; 4 — Галактолігніди; 5 — Гліколігніди (gu-); 6 — Сума гліколігнідів; 7 — Фосфолігніди; 8 — Клітковина; 9 — Білок; 10 — Аміак. У % до найбільшого значення

Рис. 6. Деякі біохімічні показники в листках рогозу з різних ділянок р. Рось, травень 2003 р.

відображає в цілому пригнічення активності метаболізму в листі цієї рослини, та наявність у воді цієї зони невизначених токсичних речовин.

ВИСНОВКИ

Отримані дані дали можливість окреслити ділянки р. Рось з найбільш забрудненими водами і рекомендувати проведення подальшого детальнішого вивчення хімічного складу води для визначення головного

токсичного агента на цих ділянках річки, який не може не впливати на здоров'я людини при вживанні цієї води.

Проведені фізіологічно-біохімічні дослідження вищих водних рослин показали, що зміни показників нуклеїнового, білкового обміну достатньо адекватно відображають рівень антропогенного забруднення водойм і можуть використовуватися для біотестування стану навколишнього середовища.

ЛІТЕРАТУРА

1. Goldman C.R. Ecological aspects of water impoundment in the tropics // Rev. Biol. Trop., 1976, Jun; 24 (1 Suppl.). — P. 87–112.
2. Havens K.E., Hauxwell J., Tyler A.C., Thomas S., McGlathery K.J., Cebrian J., Valiela I., Steinman A.D., Hwang S.J. Complex interactions between autotrophs in shallow marine and freshwater ecosystems: implications for community responses to nutrient stress // Environ. Pollut., 2001; 113(1). — P. 95–107.
3. Okamura H., Piao M., Aoyama I., Sudo M., Okubo T., Nakamura M. Algal growth inhibition by river water pollutants in the agricultural area around Lake Biwa, Japan // Environ. Pollut., 2002; 117(3). — P. 411–419.
4. Mallin M.A., Ensign S.H., Wheeler T.L., Mayes D.B. Pollutant removal efficacy of three wet detention ponds // J. Environ. Qual., 2002, Mar-Apr; 31(2). — P. 654–660.
5. Hume N.P., Fleming M.S., Horne A.J. Plant carbohydrate limitation on nitrate reduction in wetland microcosms // Water. Res., 2002, Feb; 36(3). — P. 577–584.
6. Klump A., Bauer K., Franz-Gerstein C., de Menezes M. Variation of nutrient and metal concentrations in aquatic macrophytes along the Rio Cachoeira in Bahia (Brazil) // Environ. Int., 2002, Jul; 28(3). — P. 165–171.
7. Плескач Л.А., Потрохов О.С., Зінковський О.Г., Могилевич Н.А. Біологічна оцінка якості забруднених природних вод Дендропарку “Олександрія” за показниками *Lemna minor* L. //

- Вісник БДАУ. — 2004. — Вип. mediated hydroxyl radical cleavage // *Mol. Biol. Rep.*, 2001; 28 (2). — P. 103–110.
8. Kovacs I., Ayaydin F., Oberschall A., Ipacs I., Bottka S., Pongor S., Dudits D., Toth E.C. Immunolocalization of a novel annexin-like protein encoded by a stress and abscisic acid responsive gene in alfalfa // *Plant. J.*, 1998, Jul; 15(2). — P. 185–197. 30. — C. 128–139.
 9. Taran N., Okanencko A., Musienko N. Sulpholipid reflects plant resistance to stress-factor action // *Biochem. Soc. Trans.*, 2000, Dec; 28(6). — P. 922–924.
 10. Ferrat L., Romeo M., Gnassia-Barelli M., Pergent-Martini C. Effects of mercury on antioxidant mechanisms in the marine phanerogam *Posidonia oceanica* // *Dis. Aquat. Organ.*, 2002, Jul 8;50(2). — P. 157–160.
 11. Maccarrone M., Veldink G.A., Agro A.F., Vliegenthart J.F. Modulation of soybean lipoxygenase expression and membrane oxidation by water deficit // *FEBS Lett.*, 1995, Sep. 11; 371(3). — P. 223–226.
 12. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наукова думка, 1976. — 334 с.
 13. Львов Н.П. Микродиффузионный метод определения аммиака // Методы современной биохимии. — М.: Наука, 1975. — С. 58–61.
 14. Осипова О.П. Методы исследования белков хлоропластов // Биохимические методы в физиологии растений. — М.: Наука, 1971. — С. 137–153.
 15. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. — Киев: Наукова думка, 1988. — 188 с.
 16. Barciszewska M.Z., Rapp G., Betzel C., Erdmann V.A., Barciszewski J. Structural changes of tRNA and 5S rRNA induced with magnesium and visualized with synchrotron
 17. Gray N.D., Miskin I.P., Kornilova O., Curtis T.P., Head I.M. Occurrence and activity of Archaea in aerated activated sludge wastewater treatment plants // *Environ. Microbiol.*, 2002, Mar; 4(3). — P. 158–168.
 18. Kovacs V., Gyurjan I., Keresztes A., Virag E. Studies on the biological effect of fast neutrons. II. Variation of total nucleic acid content and ultrastructure in barley leaves vs. dose // *Acta Biochim. Biophys. Acad. Sci. Hung.*, 1979; 14(1–2). — P. 103–109.
 19. Klink V.P., Wolniak S.M. The efficacy of RNAi in the study of the plant cytoskeleton // *J. Plant. Growth. Regul.*, 2000, Dec; 19(4). — P. 371–384.
 20. Sen S., Osborne D.J. Decline in ribonucleic acid and protein synthesis with loss of viability during the early hours of imbibition of rye (*Secale cereale* L.) embryos // *Biochem. J.*, 1977, 15, 166 (1). — P. 33–38.
 21. Jacob J.S., Miller K.R. The effects of galactolipid depletion on the structure of a photosynthetic membrane // *J. Cell. Biol.*, 1986, Oct; 103(4). — P. 1337–1347.
 22. McDaniel R.V. Neutron diffraction studies of digalactosyldiacylglycerol // *Biochim. Biophys. Acta*, 1988, May 9; 940(1). — P. 158–164.
 23. Goncharova S.N., Sanina N.M., Kostetsky E.Y. Role of lipids in molecular thermoadaptation mechanisms of seagrass *Zostera marina* // *Biochem. Soc. Trans.*, 2000, Dec; 28(6). — P. 887–890.
 24. Sen A., Williams W.P., Quinn P.J. The structure and thermotropic properties of pure 1,2-diacylgalactosylglycerols in aqueous systems // *Biochim. Biophys. Acta*, 1981, Feb. 23; 663(2). — P. 380–389.

ЕКОЛОГІЧЕСЬКА ОЦІНКА СОСТАННЯ ОДДЕЛЬНИХ УЧАТКОВ Р. РОСЬ ПО ФІЗИОЛОГО-БІОХІМІЧЕСЬКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ДОМІНУЮЩИХ ВИДІВ ВИСШИХ ВОДНИХ РАСТЕНЬ

О.С. Потрохов, О.Г. Зиньковський, Н.А. Могилевич, Ю.М. Худияш

Исследовано ряд физиолого-биохимических показателей рогоза широколистного и кубышки желтой на фоне антропогенного влияния на экосистему отдельных участков р. Рось. Полученные данные позволяют судить об уровне экологического неблагополучия загрязненных участков реки.

ECOLOGICAL ESTIMATION OF THE STATE OF THE SEPARATE AREAS R. ROS BY PHYSIOLOGICAL BIOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF DOMINANT SPECIES OF HIGHER WATER PLANTS

A. Potrokhov, O. Zinkovskiy, N. Mogylyevych, Yu. Khudiyash

It is investigated series of physiological-biochemical parameters of a reed mace platyphyllous and yellow water lilies on a background anthropogenic influence on an ecosystem of separate sections r. Ros. The obtained data allow judging a level of ecological trouble of the polluted sections of the river.