

УДК 502.51(282)

<https://doi.org/10.31713/vs220184>

**Суходольська І. Л., к.б.н., доцент, Глінська С. О., к.б.н., доцент,
Логвиненко І. П., к.б.н., доцент** (Рівненський державний
гуманітарний університет, м. Рівне)

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ ЗА ВИДОВИМ БАГАТСТВОМ ФІТОПЛАНКТОНУ

У статті наведені відомості про видовий склад, чисельність і біомасу фітопланктону річки Іква. Здійснено біоіндикаційний аналіз з урахуванням індикаторних властивостей водоростей. Виявлено, що за видовим складом переважають представники відділів *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* та *Euglenophyta*. За біоіндикаційними характеристиками у товщі води домінують бентосні та планктонно-бентосні форми водоростей, космополіти за географічним поширенням, індіференти за відношенням до рН та рівня солоності, індикатори середньої текучості вод, помірного температурного режиму, слабо кислих та слабо лужних вод. Встановлено провідну роль β -мезосапробіонтів. Річкова вода за рівнем органічного забруднення за Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) належить до III класу якості (помірно забруднена), а за системою Ватанабе – характеризується помірним вмістом органічних сполук (переважають евросапроби). Наведена детальна еколого-географічна характеристика планктонних водоростей річки дозволяє прогнозувати стан гідроценозу з метою моделювання впливу антропогенних чинників на стан водойм.

Ключові слова: фітопланктон, види-індикатори, чисельність, біомаса, сапробність, якість води.

Постановка досліджень. Стан водних екосистем найбільш точно можна оцінити за складом угруповань їх організмів. З цією метою використовують вищі водні рослини, фітопланктон, зоопланктон, молюски, риби тощо. Досить чутливим до змін екологічних умов водних екосистем вважають фітопланктон. Видовий склад, структурні та функціональні характеристики планктонних водоростей дозволяють оцінити трофічний рівень, екологічний стан водного об'єкту та виявити направленість процесів, які в ньому відбуваються [3; 4; 5].

Тривалий час для контролю якості води використовували лише діатомові водорості, оскільки вони існують у широкому діапазоні екологічних умов, колонізують майже всі субстрати, тобто можуть



забезпечити чітке відображення змін навколишнього середовища. Однак, достеменно відомо, що усі групи водоростей визначають ступінь погіршення або покращення якості води, тому багато водоростевих показників застосовуються для оцінювання стану гідроекосистем [2; 7].

Серед домінуючих чинників, що впливають на водоростеві угруповання, виділяють рН, іонний вміст, гідравлічні умови, температуру, глибину, сезонність, географічне розташування та біотичні взаємодії [1; 5]. На основі класифікації водоростей відповідно до їхньої толерантності до різних умов та видів забруднення виокремлюють зони деградації гідроекосистеми [4; 7]. Тому, дослідження якісних та кількісних показників розвитку фітопланктону дасть можливість ефективно їх застосовувати для аналізу змін стану водних об'єктів, у тому числі в умовах комплексного антропогенного впливу на гідроекосистеми як середовища проживання гідробіонтів.

Мета дослідження – оцінити стан гідроекосистеми за видовим багатством фітопланктону.

Матеріали та методи досліджень. Відбір проб води здійснювали один раз на місяць протягом травня-жовтня 2013 р. на ділянці р. Іква у с. Іванне Дубенського р-ну. Усього відібрано 72 альгологічні проби. Фіксацію, камеральне опрацювання, визначення видового складу фітопланктону проводилися загальновідомими гідробіологічними методами. Чисельність фітопланктону встановлювали за допомогою камери Нажотта об'ємом 0,02 м³, а біомасу розраховували стереометричним методом [6]. Для ідентифікації водоростей використовували серію книг «Визначник прісноводних водоростей України». Ідентифіковані водорості є індикаторами біотопічної, географічної приуроченості, текучості вод і насичення води киснем, температурного режиму, рН та солоності.

Серед індикаторів місцезростань у водному середовищу виокремлюють планктонні (P), планктонно-бентосні (P-B), бентосні (B), епіфітні (Ep) та ґрунтові водорості (S). Види водоростей за відношенням до текучості вод та їх насичення киснем поділяють на індикаторів швидкотекучих (str) з високим вмістом кисню, повільнотекучих (st-str) з середнім рівнем кисню, стоячих (st) з низьким рівнем кисню, а також відокремлюють аерофільні водорості (ae). Індикатори температурного режиму поділяють на холодолюбні (cool), помірної діпазону (temp), евритермні (eterm) та теплолюбні (warm) водорості [2]. За відношенням до рН середовища виділяють ацидобіонти (acb) – ті, що мешкають у воді при рН від 5 і менше, ацидофіли (acf) – ті, що мешкають при рН від 5 до 6, індиференти (ind) – такі, що мешкають у

воді, рН якої знаходиться в діапазоні рН 6-7, алкаліфіли (alf) – ті, що мешкають при рН 7-8 та алкалобійнти (alb) – ті, що виживають при рН 8 і вище. За індикацію рівня солоності води розрізняють олігогалоби – тобто види водоростей прісноводних або солонуватих місцезростань (солоність 0-5‰), мезогалоби – mh (5-20‰), еугалоби – e (20-40‰) та полігалоби – ph (40-300‰). Групу олігогалобів поділяють на галофоби (hb) (лише прісноводні види, які гинуть при незначних збільшеннях концентрацій NaCl), індиференти (i) (типіві прісноводні види, які можуть інколи траплятись у солонуватих водах проте незвичні для них), галофіли (hl) (власне прісноводні види, які можуть витримувати незначне збільшення вмісту NaCl).

Основою індикації органічного забруднення в системі Пантле-Буку у модифікації Сладечека є поняття зон самоочищення (ксеносапробна – індекс сапробності $S = 0-0,5$, олігосапробна – $S = 0,5-1,5$, бета-мезосапробна – $S = 1,5-2,5$, альфа-мезосапробна – $S = 2,5-3,5$, полісапробна – $S = 3,5-4$). Надалі отримані величини індексів можна зіставити з класами якості води. Види-індикатори органічного забруднення у системі Т. Ватанабе поділяють на 3 групи: сапроксени (sx) – індикатори чистих вод, еврисапроби (e) – індикатори помірно-забруднених вод та сапрофіли (sp) – індикатори забруднених вод [2; 3].

Отримані результати розташовано у порядку збільшення їх індикаторного значення, що вказано на графіках за допомогою стрілок. Таке нормування показника індикаторного значення дозволило побудувати лінії тренду, які вказують на оптимум розподілу видів-індикаторів, що свідчить про характерні для них умови існування.

Результати досліджень. Фітопланктон річки Іква представлений 64 родами, 111 видами та 118 внутрішньовидовими таксонами (в.в.т.), які відносяться до семи відділів (Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta, Euglenophyta, Dinophyta Cryptophyta та Chrysophyta). Серед планктонних водоростей найбільше представників відділів Chlorophyta, Bacillariophyta та Euglenophyta.

Поряд із флористичною різноманітністю важливим показником є кількісна різноманітність фітопланктону (чисельність і біомаса). Чисельність і біомаса фітопланктону річки Іква коливалася в широких межах 389,6-7070,8 тис. кл/дм³ і 0,15-4,07 мг/дм³. Максимальну чисельність фітопланктону відзначено у травні, а біомасу у липні, мінімальні значення показників виявлено у жовтні. Значну інформативність для оцінки таксономічного різноманіття біоти має індекс Шеннона, що дозволяє виявити основні напрями змін, що відбуваються в екосистемі. Найменші значення даного індексу були зареєстровані у



жовтні та липні ($H/N=3,77$, $H/B=2,52$), найбільші у липні та вересні ($H/N=4,85$, $H/B=4,87$). Значні коливання біомаси фітопланктону та індексу Шеннона можна розглядати як стійкість водоростевих угруповань до впливу різних екологічних чинників.

Для оцінки специфічності альгоугруповань та умов середовища їхнього існування проводили біоіндикаційний аналіз списку водоростей, в основі якого лежить індивідуальна чутливість видів водоростей до різних екологічних чинників середовища. Так, для 84 видів та в.в.т. (71% від загального видового багатства) встановлена біотопічна приуроченість, згідно якої найбільшу частку склали бентосні форми (39%), серед яких найчастіше зустрічались: *Stephanodiscus hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Navicula viridula* (Kütz.) Ehr., *Nitzschia gracilis* Hantzsch та *Nitzschia. palea* (Kütz.) W. Sm. Частка планктонно-бентосних та планктонних видів складала 36% та 25% відповідно. Серед планктонно-бентосних найчастіше зустрічались *Navicula cryptocephala* Kütz., *Microcystis pulvereae* (Wood) Forti emend. Elenkin, *Euglena spirogyra* Ehrenb., *Lepocinclis ovum* (Ehr.) Lemm. та *Melosira varians* C. Agardh (рис. 1, А).

Серед 35 видів та в.в.т., які є індикаторами реофільності (протоchnості), значну частку (77%) склали представники повільнотекучих вод: *Euglena spathirhyncha* Skuja, *Dinobryon divergens* O.E. Imhof, *Pediastrum simplex* Meyen, *Selenastrum gracile* Reinsch, *Oocystis borgei* J. Snow, *Closterium aciculare* T. West, *M. varians* C. Agardh, *Cocconeis placentula* Ehrenb та інші. Частка видів-індикаторів стоячих вод становила 17%. Серед них *Euglena acus* Ehrenb., *Pandorina morum* (O. Müll.) Bory, *Dictyosphaerium tetrachotomum* Printz, *Oocystis submarina* Lagerh., *S. hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow та *Nitzschia recta* Hant. in Rabenh. Частка видів та в.в.т., які є індикаторами швидкотекучих вод становила лише 6%. Серед них *Diatoma vulgare* Bory var. *vulgare* та *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun (рис. 1, Б).

Серед 70 видів та в.в.т., які є індикаторами галобності у фітопланктоні домінували прісноводні види індиференти (77%). Серед них часто зустрічались *E. spirogyra* Ehrenb., *M. pulvereae* (Wood) Forti emend. Elenkin, *L. ovum* (Ehr.) Lemm., *S. hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *O. borgei* J. Snow, *N. cryptocephala* Kütz. Та *N. gracilis* Hantzsch. Галофоби предсталені двома видами (*Eunotia gracilis* (Ehr.) Rahenh та *Surirella robusta* Ehr.). Встановлено, що значну частку (30%) планктонного угруповання склали види, які вегетують при підвищеній солоності. Так, знайдено 14 прісноводно-солонатоводних видів та в.в.т., з яких 17% склали галофіли (*M. varians* C. Agardh., *N. viridula* (Kütz.) Ehr.) і 1,5% – олігогалофи (*Dinobryon korschikovii* f. *korschikovii*

Matv.). Також були виявлені мешканці слабосолоних водойм – мезогалоби (всього 1,5%) – *S. tabulata* (Ag.) Kutz. (рис. 1, В).

Водоростеві угруповання – надійні індикатори рН води. Індикатори активної реакції середовища (рН) були представлені 52 видами та в.в.т. водоростей, з яких найбільшу частку складала індиференти (48%) та алкаліфіли (39%). Серед індиферентів найчастіше зустрічалися *E. spirogyra* Ehrenb., *E. acus* Ehrenb., *Scenedesmus acuminatus* (Lagerh.) Chod., *O. borgei* J. Snow, *S. tabulata* (Ag.) Kutz., *N. gracilis* Hantzsch та *N. palea* (Kütz.) W. Sm. Серед алкаліфілів найчастіше зустрічалися *M. varians* C. Agardh, *S. hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenb., *Navicula cryptocephala* var. *intermedia* Gain., *N. viridula* (Kütz.) Ehr. та *Epithemia sorex* Kütz. Значно меншим поширенням характеризувалися представники ацидофілів (6%) та алкалобіонтів (7%). Ацидофіли були представлені 3 видами – *Meridion circulare* (Grev.) C. Agardh, *Neidium productum* (W. Sm.) Cl. та *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz. Серед алкалобіонтів було виявлено *Rhoicosphenia curvata* (Kütz.) Grun., *Synedra acus* Kütz. var. *Acus*, *N. cryptocephala* Kütz. та *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W.Sm. (рис. 1, Г).

Водоростей-індикаторів температурного режиму відомо досить мало. Виявлено лише 15 видів та в.в.т., які є індикаторами температурного режиму води. На досліджуваній ділянці переважала група водоростей помірного діапазону (7 видів). Серед них такі представники: *M. varians* C. Agardh, *S. hantzschii* Grunow in Cl. et Grunow, *C. placentula* Ehrenb., *N. cryptocephala* Kütz., *Neidium productum* (W. Sm.) Cl., *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. та *A. ovalis* (Kütz.) Kütz. Меншою кількістю характеризувались евритермні (2), холодолюбні (2) та теплоробні (1) види. Виявлено види, які витримують певний діапазон температур. Так, для *Fragilaria pinnata* Ehr. та *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Grun. характерний діапазон температур від 10 до 35, а для *Navicula pupula* Kütz. від 7 до 35° С (рис. 1, Д).

80% видів та в.в.т. за географічною приуроченістю це космополітні види, 18% бореальні та 2% аркто-альпійські (*Synedra tenera* W.Sm.) (рис. 1, Е).

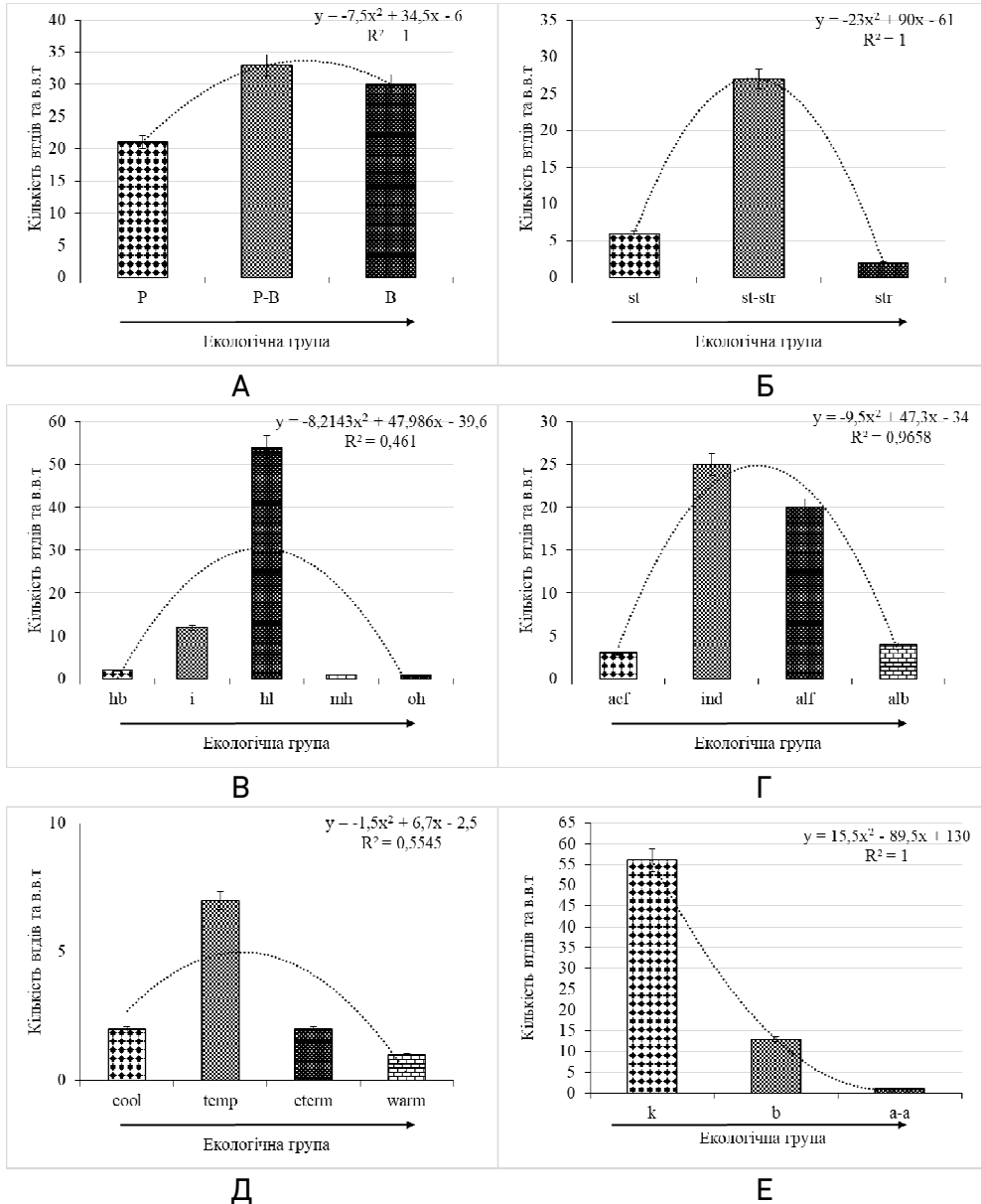


Рис. 1. Розподіл видів та в.в.т. водоростей, що є індикаторами:
А – місцезростань (В – бентосні; P-B – планктонно-бентосні; P – планктонні);
Б – насиченості води киснем та реофільності (st – стоячі, str – швидкотекучі, st-str – повільнотекучі та/або індиференти);
В – галобності (hb – галофоби, i – індиференти, hl – галофіли, mh – мезогалофи, oh – олігогалофи);
Г – рН середовища (acf – ацидофіли, ind – індиференти, alf – алкаліфіли, alb – алкалібіонти);
Д – температурних умов (cool – холодолюбні, temp – помірного діапазону та/або індиференти, eterm – евритермні, warm – теплолюбні);
Е – за географічним поширенням (k – космополіт, b – бореальний, а-а – аркто-альпійський)

Відомо, що планктонні водорості є досконалими короткотривалими індикаторами якості води завдяки швидкій репродуктивності та короткому життєвому циклу. Вони високочутливі до присутності у воді органічних речовин [1; 3]. Так, для оцінки якості води використовують сапробіологічний метод, який базується на здатності певних видів-індикаторів розвиватись у воді відповідної якості.

За відношенням до сапробності серед виявлених 71 видів та в.в.т. переважають β -мезосапроби (80%), що характерно для помірного забруднення води або завершення самоочищення. Серед них найчастіше траплялися *Microcystis aeruginosa* Kütz. emend. Elenkin, *M. pulverea* (Wood) Forti emend. Elenkin, *Oscillatoria planctonica* Wotosz. та *Caloneis amphisbaena* (Bory) Cleve. Крім того, представлені олігосапроби (10%), β - α -мезосапроби (6%), χ - α -, ρ - α -, і σ - β -сапроби (по одному виду кожні, 4%). Враховуючи кількість видів-індикаторів тієї чи іншої зони самоочищення, ми віднесли їх до відповідних класів якості вод. Виявлено домінування групи індикаторів 3 класу (помірно забруднена, 80%) та 2 класу (чиста, 10%). Кількість індикаторів інших трьох класів якості вод була незначною – сумарно вони склали 10% від загальної кількості індикаторів (рис. 2).

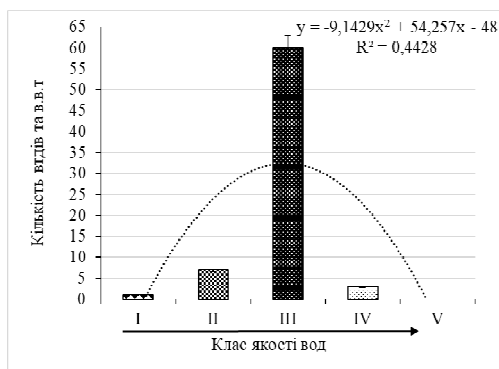


Рис. 2. Розподіл видів та в.в.т. водоростей, що є індикаторами класів якості води (стрілка позначає напрям погіршення якості вод, R^2 – величина достовірності апроксимації)

Таким чином, річкова вода за рівнем органічного забруднення за Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) належить до 3 класу якості (вода «задовільної якості»), а за системою Ватанабе – характеризується помірним умістом органічних сполук (переважають еврисапроби).

Висновки. Фітопланктон є одним із найбільш інформативних угруповань для оцінки екологічного стану гідроекосистеми, що до-



зволяє оцінювати вплив (чи, навпаки, його відсутність) антропогенних факторів різної дії. За видовим складом фітопланктон річки можна характеризувати як зелено-діатомово-евгленовий. За екологічними показниками ядро фітопланктону річки формували бентосні та планктонно-бентосні види, космополіти за географічним поширенням, індиференти за відношенням до галобності та рН. Встановлено провідну роль β -мезосапробіонтів (за Сладечеком) та еврисапробів (за Ватанабе). За сапробіологічними показниками якості вод річки оцінено як «помірно забруднена». Наведена еколого-географічна характеристика фітопланктону дозволяє прогнозувати стан гідроценозу з метою моделювання впливу антропогенних чинників на стан водойм.

1. Афанасьев С. А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидроэкосистем в мониторинге рек Украины. *Гидробиологический журнал*. 2001. Т. 37, № 5. С. 3–18. 2. Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : PiliesStudio, 2006. 498 с. 3. Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. Водоросли-индикаторы в оценке качества окружающей среды. М. : ВНИИ природы, 2000. 150 с. 4. Білоус О. П., Барінова С. С., Клоченко П. Д. Біоіндикаційний аналіз верхньої ділянки річки Південний Буг за фітопланктоном. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 1(32). С. 76–88. 5. Левич А. П., Булгаков Н. Г., Замолотчиков Д. Г. Оптимизация структуры кормовых фитопланктонных сообществ. М. : ТНИ КМК. 1999. 136 с. 6. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ : ЛОГОС, 2006. 408 с. 7. Omar W.M.W. Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Malaysian freshwater ecosystems. // *Tropical Life Sciences Research*, 2010. 21 (2). P. 51.

REFERENCES:

1. Afanasev S. A. Razvitie evropeiskikh podkhodov k biolohicheskoi otsenke sostoianiia hidroekosistem v monitorinhe rek Ukrainy. *Hidrobiolohicheskii zhurnal*. 2001. Т. 37, № 5. С. 3–18. 2. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhaiushchei sredy. Tel-Avyv : PiliesStudio, 2006. 498 s. 3. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V. Vodorosli-indikatory v otsenke kachestva okruzhaiushchei sredy. M. : VNIИ prirody, 2000. 150 s. 4. Bilous O. P., Barynova S. S., Klochenko P. D. Bioindykatsiyni analiz verkhnoi dilianky richky Pivdennyi Buh za fitoplanktonom. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. 2014. Т. 1(32). С. 76–88. 5. Levich A. P., Bulhakov N. H., Zamolodchikov D. H. Optimizatsiia struktury kormovykh fitoplanktonnykh soobshchestv. M. : TNY KMK. 1999. 136 s. 6. Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod / za red.

V. D. Romanenka. Kyiv : LOHOS, 2006. 408 s. 7. Omar W.M.W. Perspectives on the use of algae as biological indicators for monitoring and protecting aquatic environments, with special reference to Malaysian freshwater ecosystems. // Tropical Life Sciences Research, 2010. 21 (2). P. 51.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

Sukhodolska I. L., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Hlinska S. O., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Lohvynenko I. P., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Rivne State University for the Humanities, Rivne)

ECOLOGICAL WATER SYSTEM ASSESSMENT ACCORDING TO PHYTOPLANKTON SPECIES WEALTH

This study presents the data about species composition, phytoplankton population and biomass of the Ikva. Bioindication analysis has been explored considering water plants indicative characteristics. It has been revealed that according to species composition such section representatives as *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* and *Euglenophyta* have been provided in a preference. The river phytoplankton population and biomass have been changing from 389,6 to 7070,8 thousand C/L and biomass has been raising from 0,15 to 4,07 mg/L. The author highlights that in water column according to bioindicative characteristics benthos and plankton benthos water plants forms, geographic location cosmopolites, indifferent ones towards pH and degree of salinity balance, indicators of average water flow, temperate temperature conditions, faintly acid and weakly alkaline waters dominate. The study points out the important place of meso saprobionts. According to Pantle-Buk's (in Sladechek's modification) level of organic pollution river water belongs to the third grade of quality. In the response to Vatanabe's system river water has been characterized by temperate organics (evrosaprobis). Ecological and geographical characteristic of river plankton plants gives a possibility to forecast water coen conditions to simulate anthropogenic factors influence on water reservoirs conditions.

Keywords: phytoplankton, indicator species, population, biomass, sabrobity, water quality.



Суходольская И. Л., к.б.н., доцент, Глинская С. О., к.б.н., доцент,
Логвиненко И. П., к.б.н., доцент (Ровенский государственный
гуманитарный университет, г. Ровно)

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГИДРОЭКОСИСТЕМЫ ПО ВИДОВОМУ РАЗНООБРАЗИЮ ФИТОПЛАНКТОНА

В статье приведены данные о видовом составе, численности и биомассе фитопланктона реки Иква. Осуществлен биоиндикационный анализ с учетом индикаторных свойств водорослей. Выявлено, что по видовому составу преобладают представители отделов *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* и *Euglenophyta*. По биоиндикационным характеристикам в толще воды доминируют бентосные и планктонно-бентосные формы водорослей, космополиты по географическом распространении, индиферентны по отношению к pH и уровню солености, индикаторы средней текучести вод, умеренного температурного режима, слабо кислых и слабо щелочных вод. Установлена ведущая роль β -мезосапробионтов. Речная вода по уровню органического загрязнения за Пантле-Бук (в модификации Сладечека) принадлежит к III классу качества (умеренно загрязненная), а по системе Ватанабе – характеризуется умеренным содержанием органических соединений (преобладали эвросапробы). Приведена детальная эколого-географическая характеристика планктонных водорослей реки позволяет прогнозировать состояние гидроценоза с целью моделирования влияния антропогенных факторов на состояние водоемов.

Ключевые слова: фитопланктон, виды-индикаторы, численность фитопланктона, биомасса, сапробность, качество воды.
