

## **Water trophity level assessment of the Ukrainian part of the Danube River and delta**

**Vasenko A.G., Vernichenko A.A., Vernichenko-Tsvetkov D.Ju., Lungu M.L.**

*The results of the waterecological researches of the Ukrainian part of the Danube River and delta during 2007-2011 years is reported. Time-placed changeability of the biogenic matters (nutrients) concentrations and the phytoplankton indicators was examined. Assessment of trophity level and ecological status of the Danube River and delta on the basis of two classifications, witch is follow in Ukraine and in International Commission for the Protection of the Danube River, has been fulfilled. The proposals for harmonization and specifying of water body typization systems were formulated.*

**Keywords:** *biogenic matters (nutrients), phytoplankton, trophity level, the ecological status, River Danube, delta.*

**Надійшла до редколегії 22.01.2014**

УДК 581.526.325: 005.962 (282.247.318)

**Білоус О.П.<sup>1</sup>, Барінова С.С.<sup>2</sup>, Ключенко П.Д.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Інститут гідробіології НАН України, м. Київ*

<sup>2</sup>*Інститут еволюції, Хайфський університет, м. Хайфа (Ізраїль)*

### **БІОІНДИКАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ ВЕРХНЬОЇ ДІЛЯНКИ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ ЗА ФІТОПЛАНКТНОМ**

**Ключові слова:** *фітопланктон, біоіндикація, екологічний стан, види-індикатори*

**Постановка та актуальність проблеми.** Відомо, що стан водних екосистем найбільш адекватно можна оцінити за складом угруповань їх організмів [1, 2, 4, 5, 9, 13]. Водорості, як автотрофи, формують основу трофічної піраміди, і, відповідно, першими використовують для синтезу органічних речовин неорганічні сполуки азоту та фосфору. Інтенсивність біогенного навантаження віддзеркалюється не тільки на кількісному розвитку водоростей, але й на їхньому видовому складі. Саме ці характеристики водоростей використовуються при біоіндикації водойм та водотоків [6]. Суттєвим є також те, що цей метод має певні переваги порівняно з хімічними контролем водного середовища, оскільки не потребує значних матеріальних затрат.

Досить чутливим до змін абіотичних чинників навколишнього середовища є фітопланктон, який чітко реагує на розмаїття антропогенного впливу. Особливо чутливі до такого навантаження річкової басейни.

Однією із нагальних проблем сьогодення є дослідження екологічного стану річки Південний Буг, що належить до основних водотоків України і за довжиною та площею басейну посідає третє місце після Дніпра та Дністра. Ця річка є досить важливою у господарському плані водною артерією України та забезпечує водопостачання низки її областей. Південний Буг, на ряду з іншими водотоками України, зазнає значного негативного впливу від людської діяльності та потребує всебічного вивчення його екологічного стану і залучення заходів щодо зменшення цього впливу.

Вивчення та аналіз цих проблем, з використанням індикаторних властивостей водоростей річки Південний Буг досі не проводилось. Таким чином, враховуючи, що річка простягається по території нашої держави на 806 км, на початковому етапі досліджень було обрано вивчення лише її частини – верхню ділянку.

Метою нашого дослідження стала характеристика умов місцезростань та оцінка якості води річки Південний Буг на основі встановленого видового складу планктонних водоростей. Окрім того, запропонований метод може слугувати

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.1(32)**

основою для розвитку та збагачення системи моніторингу річок на території України.

**Матеріали та методи досліджень.** На верхній ділянці річки обрано 15 станцій спостережень (Хмельницька та Вінницька обл.): 1 – с. Холодець, 2 – с. Вовча Гора, 3 – с. Олешин, 4 – м. Хмельницький, 5 – с. Копистин, 6 – с. Голосків, 7 – смт Меджибіж, 8 – смт. Летичів, 9 – с. Новокопистинів, 10 – с. Березна, 11 – м. Хмільник, 12 – с. Широка Гребля, 13 – с. Уладівка, 14 – с. Гушчинці та 15 – смт. Стрижавка (рис. 1).

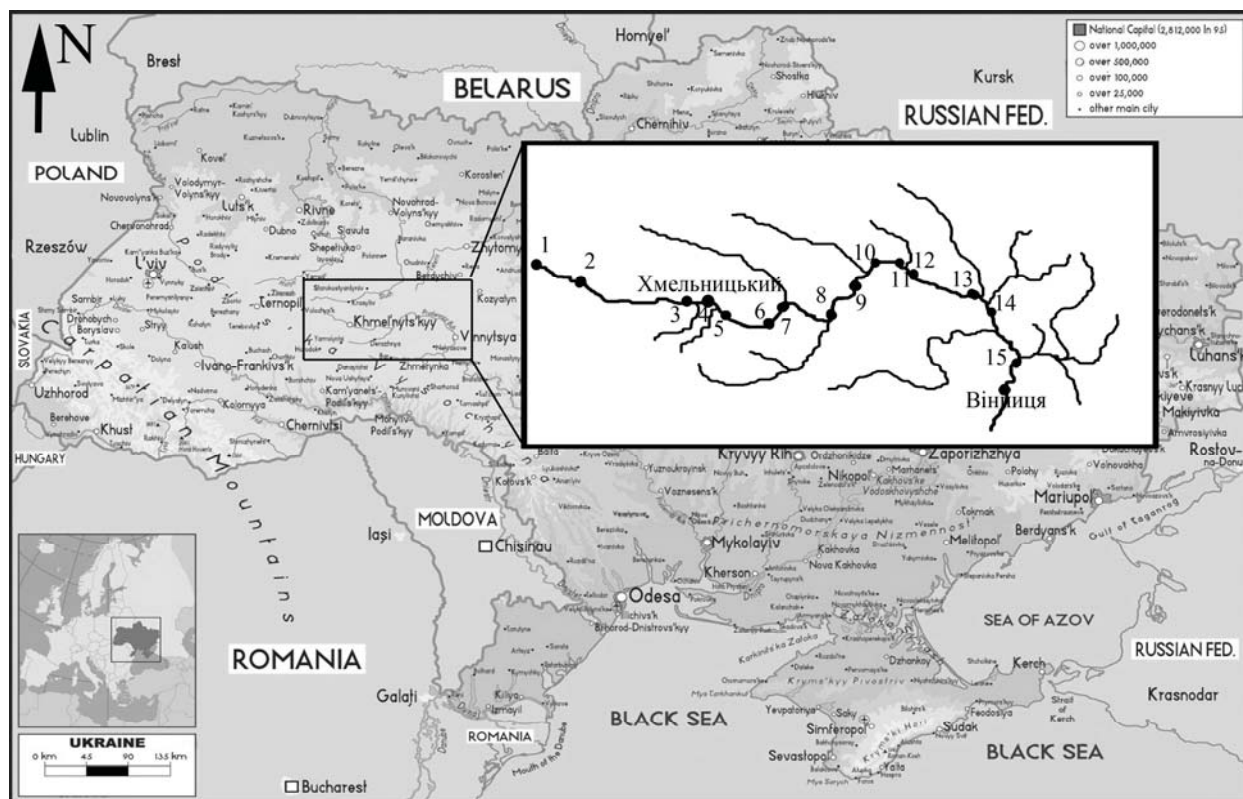


Рис. 1. Верхня ділянка річки Південний Буг

Задля виконання поставленої мети нами досить детально вивчено та проаналізовано видовий склад фітопланктону досліджуваної ділянки річки [3].

Ідентифіковані нами водорості є індикаторами за такими напрямками як: приуроченість до субстрату (місцезростання), текучість вод та їх насичення киснем, температурний режим, рН, солоність, органічне забруднення, трофність, тип живлення та відношення до кількості азотовмісних органічних сполук. Найчастіше, кожен із виявлених видів був індикатором декількох показників, проте ми згрупували види-індикатори за відношенням до конкретних показників.

Серед індикаторів місцезростань у водному середовищі слід зазначити 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*), повільнотекучих (*st-str*) і стоячих (*st*) вод, а також відокремлюють аерофільні водорості (*ae*). Індикаторами температурного режиму є холодолюбні (*cool*), помірного діапазону (*temp*), евритермні (*etern*) та теплолюбні (*warm*) водорості. Вищезазначений поділ на ці категорії видів-індикаторів детально проаналізовано та узагальнено у монографії С. С. Барінової зі співавторами [2]. Індикація рН середовища базується на властивостях діатомових

водоростей [8]. При цьому виділяють такі групи як: ацидобіонти (*acb*) – ті, що мешкають у воді при рН від 5 і менше, ацидофіли (*acf*) – ті, що мешкають при рН від 5 до 6, індіференти (*ind*) – такі, що мешкають у воді, рН якої знаходиться в діапазоні рН 6–7, алкаліфіли (*alf*) – ті, що мешкають при рН 7–8 та алкалобіонти (*alb*) – ті, що виживають при рН 8 і вище. Індикацію рівня солоності води розроблено з використанням особливостей розвитку діатомових водоростей та деяких інших відділів [2, 7]. Зокрема види-індикатори у цій категорії поділено на такі групи: олігогалоби – тобто види водоростей прісноводних або солонуватих місцезростань (солоність 0–5 ‰). Їх в свою чергу поділяють на: галофобів (*hb*) (лише прісноводні види, які гинуть при незначних збільшеннях концентрацій NaCl), індіферентів (*i*) (типово прісноводні види, які можуть інколи траплятись у солонуватих водах проте незвичні для них), галофілів (*hl*) (власне прісноводні види, які можуть витримувати незначне збільшення вмісту NaCl), мезогалобів (*mh*) (мешканці слабосолоних морів та естуаріїв, а також континентальних водойм із солоністю 5–20‰), еугалобів (*e*) (мешканці морських вод із солоністю 20‰–40‰) та полігалобів (*pb*) (ті, що живуть у гіпергалійних водах із солоністю 40‰–300‰).

При індикації рівня органічного забруднення вод приймають до уваги дві системи. Перша із них – це система Пантле-Бук у модифікації Сладечека [10, 11, 12], а автором другої є Т. Ватанабе [15, 16]. Основою індикації органічного забруднення в системі Пантле-Бук в модифікації Сладечека є поняття про зони самоочищення, а саме: полісапробну (індекс сапробності  $S = 3,5-4,0$ ), альфа-мезосапробну ( $S = 2,5-3,5$ ), бета-мезосапробну ( $S = 1,5-2,5$ ), олігосапробну ( $S = 0,5-1,5$ ) та ксеносапробну ( $S = 0-0,5$ ). В подальшому, отримані величини індексів можна співставити із класами якості вод і, таким чином, дати оцінку якості води того чи іншого водного об'єкту. Щодо індикації органічного забруднення в системі Т. Ватанабе, то в ній види-індикатори поділяють на 3 групи: сапроксени (*sx*) – індикатори чистих вод, еврисапроби (*e*) – індикатори помірно-забруднених вод та сапрофіли (*sp*) – індикатори забруднених вод.

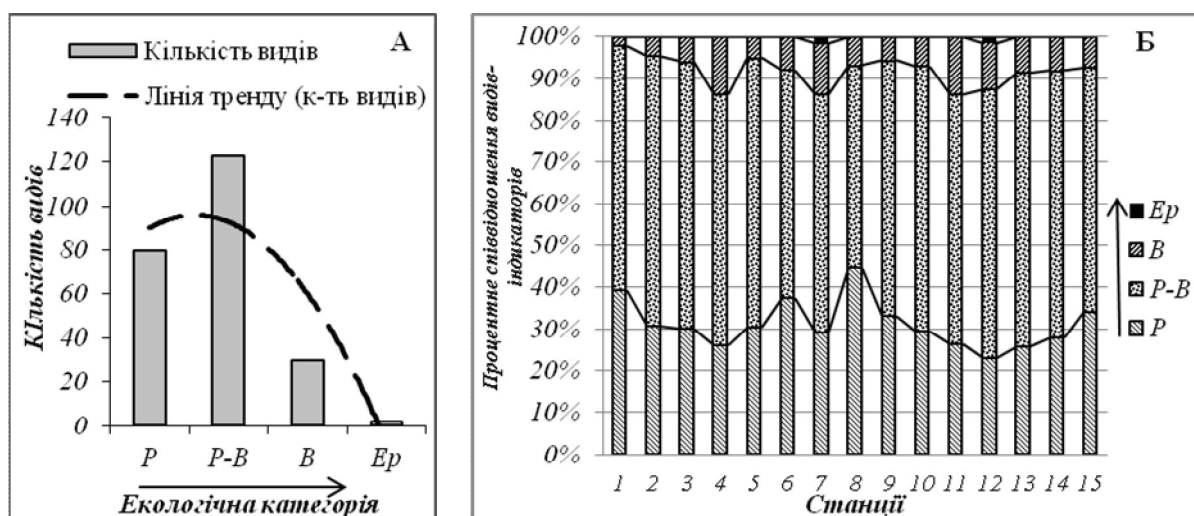
Оцінка якості вод за типом живлення водоростей та відношенням їх до кількості азотовмісних органічних сполук [14] здійснюється на основі 4-х груп індикаторних видів, які належать до відділу Bacillariophyta. Перш за все, це автотрофи, що розвиваються за низької концентрації азотовмісних органічних сполук (*ats*). Друга група організмів – це автотрофи, які витримують підвищені концентрації азотовмісних органічних сполук (*ate*). Третя група організмів – це факультативні гетеротрофи (*hne*), які розвиваються у воді за періодичних підвищень концентрації азотовмісних органічних сполук. І нарешті, облігатні гетеротрофи (*hce*) – організми, які розвиваються у воді за підвищених концентрацій азотовмісних органічних сполук. Серед індикаторів рівня трофності у водоймі, розрізняють оліготрофні види (*ot*), оліго-мезотрофні (*o-m*), мезотрофні (*m*), мезо-евтрофні (*me*), евтрофні (*e*), гіпертрофні (*he*) та широкої амплітуди трофності (*o-e*) [14].

Для кращого сприйняття отриманих результатів ми розподілили види-індикатори у групах за порядком посилення індикаторних властивостей. При цьому напрямок посилення індикаторної значимості позначили стрілкою. Оскільки аналізований показник був нормований, тобто групи індикаторів розташувались у порядку збільшення їх індикаторної значущості, це дало нам можливість побудувати лінії трендів щодо розподілу числа видів-індикаторів в окремих групах. Зважаючи на те, що цей розподіл наближується по формі до кривої Гауса, доцільніше було використання поліноміальних трендів. При цьому, лінія тренду має вершину, яка вказує на оптимум розподілу видів-індикаторів за відношенням

до конкретного чинника, що, відповідно, свідчить про найбільш характерні умови їх існування.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Вперше проведено біоіндикаційні дослідження верхньої ділянки річки Південний Буг. Серед фітопланктону виявлено 256 видів (276 внутрішньовидових таксонів) індикаторів за різними групами та відзначено переважання відділу Chlorophyta.

Серед ідентифікованих водоростей верхньої ділянки р. Південний Буг у товщі води нами виявлено 235 видових і внутрішньовидових таксонів водоростей (84,2% від загальної кількості відзначених тут видів та внутрішньовидових таксонів), які є індикаторами приуроченості до певних місцезростань. Вони належали до 4-х екологічних категорій (рис. 2, А). Як бачимо, більшість із них були планктонно-бентосними (52,3%), дещо менше – планктонними (34,0%). При цьому вершина лінії тренду вказує на середню позицію між цими групами.

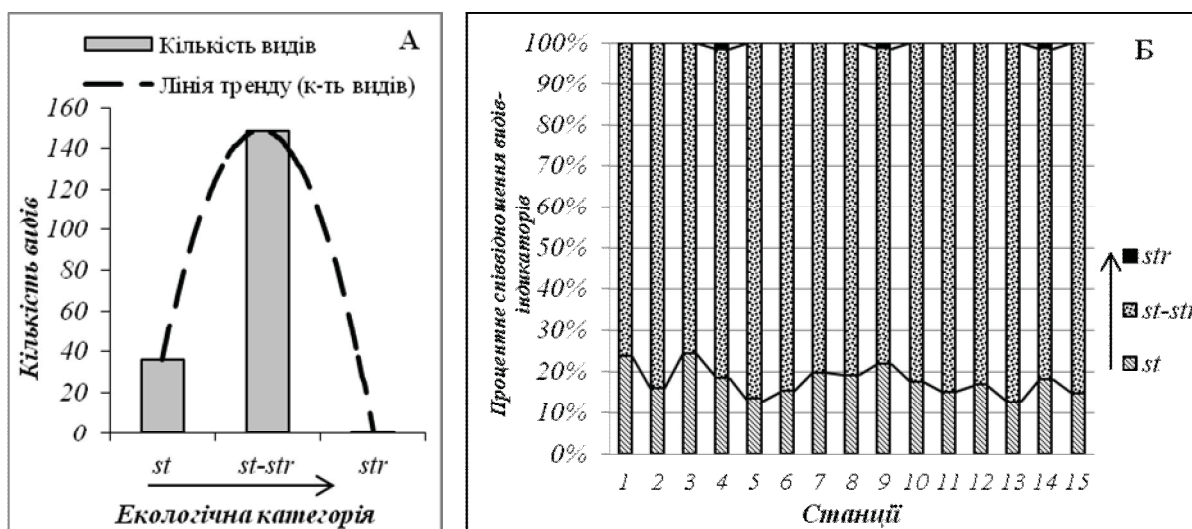


**Рис. 2. Розподіл видів водоростей, які є індикаторами місцезростань:**  
 А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

Слід також зазначити, що на дослідженій ділянці річки відзначено й бентосні форми, а також епіфіти, які знайдені у невеликій кількості. Найчастіше серед планктонно-бентосних видів траплялися *Actinastrum hantzschii* Lagerh., *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen, *Coelastrum microporum* Nägeli, *Crucigenia tetrapedia* (Kirchn.) West et G.S. West, *Merismopedia punctata* Meyen та інші, а серед планктонних – *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs ex Bornet et Flahault, *Desmodesmus communis* (E. Hegew.) E. Hegew., *Lepocinclis ovum* (Ehrenb.) Lemmerm., *Oocystis marssonii* Lemmerm., *Pediastrum duplex* Meyen, а серед бентосних – *Amphora ovalis* (Kütz.) Kütz., *Cymbella lanceolata* (C. Agardh) Ehrenb., *Navicula lanceolata* (C. Agardh) Ehrenb. та інші.

Із рис. 2, Б видно, що основна кількість індикаторних видів на всьому протязі дослідженої ділянки р. Південний Буг зосереджена у двох групах – планктонних та планктонно-бентосних водоростей. Флуктуації у процентному співвідношенні видів-індикаторів були незначними. При цьому, найбільшою кількістю планктонних водоростей характеризувались ст. 1, 6 та 8, а найбільшим числом планктонно-бентосних форм – ст. 9 та 15. Загалом, за кількістю видів-індикаторів верхня ділянка р. Південний Буг виявилася порівняно однорідною щодо приуроченості водоростей до певних місцезростань.

Група видів-індикаторів текучості вод та їх насичення киснем нараховувала 185 таксонів видового та внутрішньовидового рангу, що становило 66,3% від загального видового багатства водоростей верхньої ділянки р. Південний Буг. Виявлені організми належали до таких екологічних категорій: індикатори швидкотекучих, стоячих та повільнотекучих вод. Як видно із рис. 3 А, помітною перевагою характеризувались саме останні (80,0%). Це підтверджує і лінія тренду, вершина якої знаходиться саме над групою видів-індикаторів повільнотекучих вод. Як правило, водотоки із швидкою течією добре збагачені киснем, а ті що течуть повільніше характеризуються меншим вмістом кисню. Досить слабо насичені киснем стоячі води. Інколи вони мають навіть заморні зони, частіше – у придонному шарі. Отже, за кількістю індикаторів повільнотекучих вод, що переважали на верхній ділянці р. Південний Буг, можемо зробити висновок про те, що її води помірною мірою збагачені киснем.



**Рис. 3. Розподіл видів водоростей, які є індикаторами текучості вод та їх насичення киснем:**

А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

Серед видів цієї індикаторної групи, які траплялись найчастіше, слід відзначити *Actinastrum hantzschii*, *Coelastrum microporum*, *Euglena caudata* Hubner, *Melosira varians* C. Agardh, *Monoraphidium griffithii* (Berk.) Komárk.-Legn. та інші.

Процентний розподіл видів-індикаторів щодо вищезазначеного чинника свідчить про однорідність умов на всьому протязі дослідженої річкової ділянки (див. рис. 3, Б). Досить помітним є переважання тут організмів-індикаторів повільнотекучих вод. Таким чином, верхня ділянка р. Південний Буг характеризується відносно повільною течією, що створює сприятливі умови для розвитку водоростей у товщі води, які помірно збагачують її киснем.

Слід зазначити, що на сьогодні водоростей-індикаторів температурного режиму відомо досить мало. Саме тому нами на верхній ділянці р. Південний Буг виявлено лише 46 видових і внутрішньовидових таксонів водоростей (16,5% від загальної кількості знайдених тут видів), що є індикаторами температурного режиму водотоку. При цьому вони належали до 4-х екологічних категорій: холодолюбні, помірного діапазону, евритермні (індиферентні) та теплолюбні організми (рис. 4, А). Більшість серед виявлених водоростей-індикаторів

температурного режиму на цій ділянці річки складали евритермні види (54,3%). Дещо меншою кількістю характеризувалась група видів-індикаторів помірному температурного режиму (34,8%). Привертає увагу той факт, що серед видів-індикаторів у невеликій кількості наявні організми, які розвиваються у теплих (8,7%) і холодних (2,2%) водах. Однак вершина лінії тренду знаходиться посередині між індикаторами помірному температурного режиму та евритермними видами. Це є свідченням температурних умов, що характерні для р. Південний Буг у літній період.

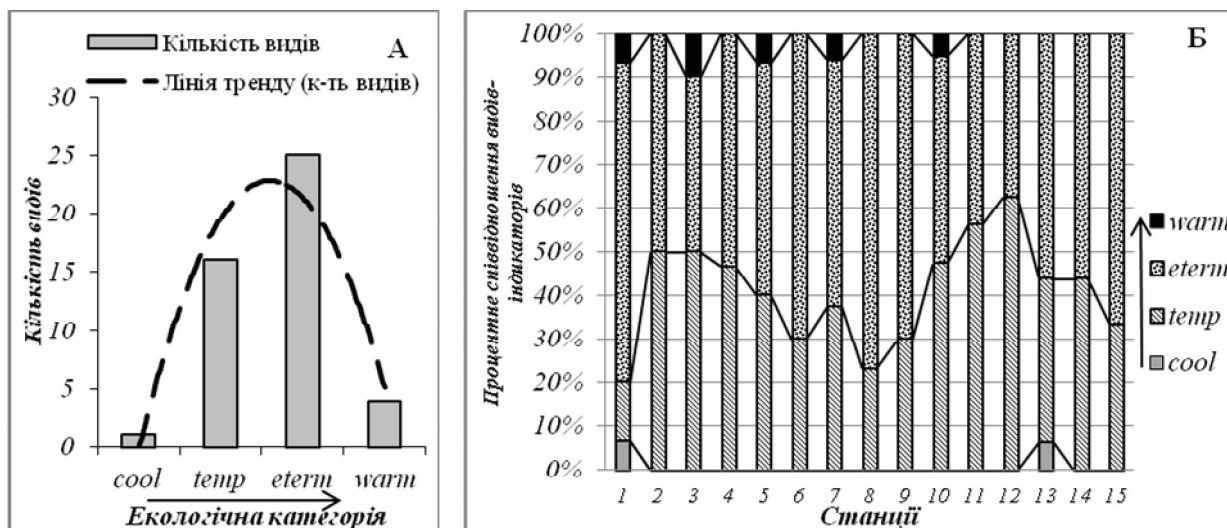


Рис. 4. Розподіл видів водоростей-індикаторів температурного режиму вод: А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

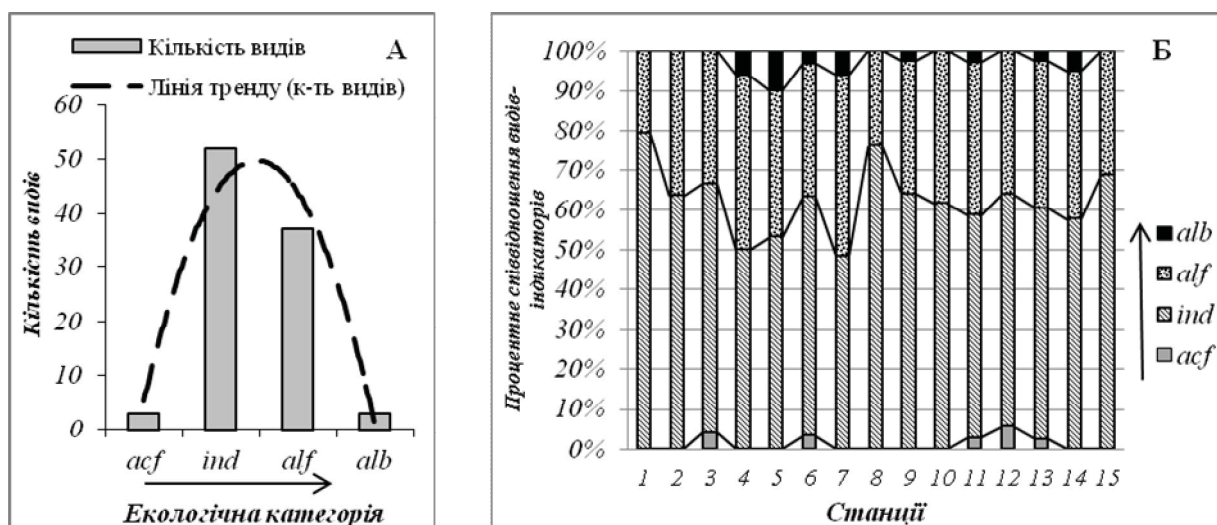
Варто також зазначити, що серед евритермних водоростей досить часто траплялися *Euglena acus* Ehrenb., *Lepocinclis ovum*, *Phacus acuminatus* A. Stokes та *Trachelomonas volvocina* Ehrenb. Щодо індикаторів помірних вод високою частотою трапляння характеризувались *Amphora ovalis*, *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Melosira varians*, *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm. та *Stephanodiscus hantzshii* Grunow.

Розподіл видів-індикаторів температурного режиму по станціях верхньої ділянки р. Південний Буг свідчить про те, що вода більше за все прогрівалась на ст. 1, 6 і 8, а також на тих станціях, які знаходилися ближче до кінця дослідженої ділянки, тобто на ст. 13, 14 і 15 (див. рис 4, Б).

Загалом, незважаючи на флуктуації розподілу індикаторних видів по станціях, води верхньої ділянки р. Пд. Буг протягом досліджуваного періоду характеризувались як такі, що сприяли розвитку фітопланктону.

Серед водоростей, які можуть свідчити про рівень рН води, у товщі води верхньої ділянки р. Пд. Буг нами виявлено 95 видів та внутрішньовидових таксонів (34,1% від загального видового багатства). Види-індикатори цієї групи належали до 4-х екологічних категорій. Зокрема, це були ацидофіли, індиференти, алкаліфіли та алкалобіонти (рис. 5, А). Як бачимо, найвагомішу частку складала індиференти (54,7%), хоча алкаліфіли також займали чільне місце (38,9%). Впадає у вічі досить низька кількість ацидофілів (3,2%) та алкалібіонтів (3,2%). Аналізуючи хід лінії тренду, можна бачити, що її вершина знаходиться між групою індиферентних видів та алкаліфілами, що свідчить про слабколужну реакцію водного середовища. Серед індиферентів досить часто зустрічалися *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Desmodesmus communis*, *Euglena gracilis* G.A.

Klebs та *Pediastrum duplex*, а серед алкаліфілів – *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella lanceolata*, *Melosira varians*, *Navicula lanceolata* та *Stephanodiscus hantzshii*.



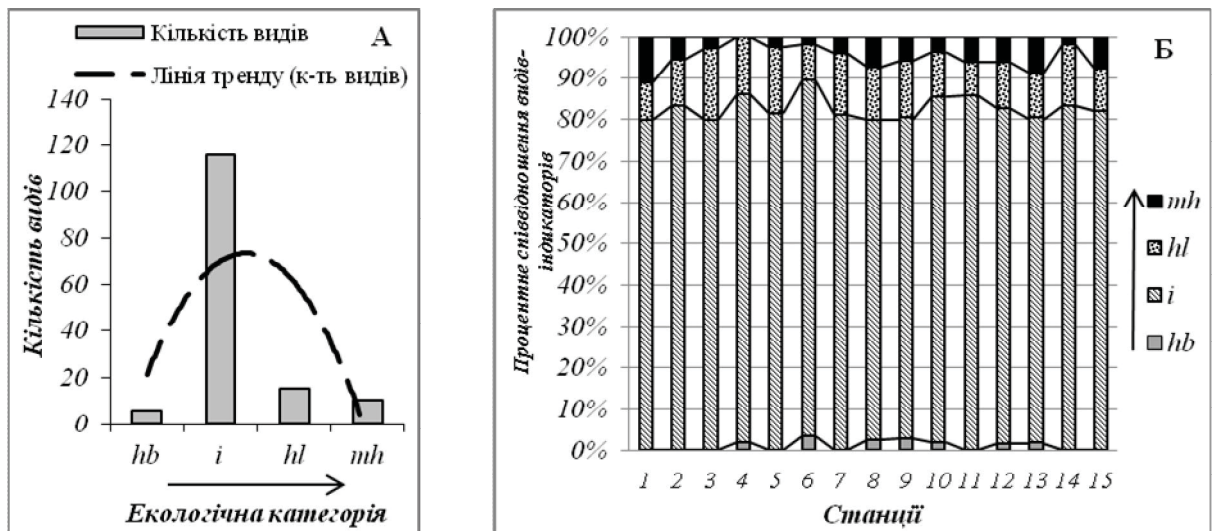
**Рис. 5. Розподіл видів водоростей-індикаторів рН середовища:**

А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

Оцінюючи розподіл видів-індикаторів рН водного середовища на верхній ділянці р. Південний Буг можна пересвідчитись у переважанні індиферентів та алкаліфілів на всьому її протязі (див. рис. 5, Б).

Варто зазначити, що при цьому спостерігалися лише невеликі коливання процентного співвідношення видів-індикаторів. Так, верхня частина дослідженої ділянки річки мала слабколужну реакцію, проте із наявністю індикаторів більш кислих вод. Подалі (до ст. 7) спостерігалось збільшення кількості алкалофілів. На ст. 4–7 помітнішими були алкалібїонти, тобто мешканці сильнолужних вод. Далі за течією рН води дещо знижувалася, а починаючи зі ст. 9 вона відновлювалася, залишаючись слабколужною. Незважаючи на переважання видів-індиферентів, динаміка співвідношення індикаторних груп на станціях спостережень дозволяє звернути увагу на ст. 1 та 8, що мали більш кислі води. Ймовірно, це є результатом антропогенної ацидифікації або впливу приток, які несуть свої води із заболочених місцевостей. Отже, підсумовуючи отримані результати можна говорити про поступове підвищення рН води до ст. 7 після впливу більш кислих вод в районі ст. 3 і ст. 6. Однак в подальшому і аж до ст. 15 відбувалося збільшення кількості алкаліфілів, що є свідченням зростання величини активної реакції водного середовища.

Серед виявленого видового складу водоростей нами відзначено 147 індикаторів солоності вод, що складало 52,7% від усього видового багатства фітопланктону. Виявлені види відносилися до 4-х категорій: олігогалобів-галофобів, олігогалобів-індиферентів, олігогалобів-галофілів та мезогалобів. Як видно із рис. 6,А, більшість індикаторів солоності формувала група індиферентів (78,9%), тобто група олігогалобів або мешканців прісних вод, що можуть витримувати невелику кількість хлоридів.



**Рис. 6. Розподіл видів водоростей-індикаторів солоності вод:**

А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

В свою чергу лінія тренду теж вказує на індиферентів як на домінуючу групу. Найчастіше серед представників цієї групи траплялися *Actinastrum hantzschii*, *Aulacoseira granulata*, *Desmodesmus communis*, *Dolichospermum flos-aquae* (Lyngb.) Wacklin, Hoffmann et Komarek та *Stephanodiscus hantzshii*.

Інші групи – галофоби та галофіли, були представлені незначною кількістю видів. Крім того, знайдено незначну кількість видів-мезогалобів. Розподіл індикаторних груп за станціями верхньої ділянки річки був практично однорідним, із помітним переважанням індиферентів по всій довжині річки (див. рис. 6, Б). Таким чином, солоність вод верхньої ділянки була досить стабільною, а її води – слабо мінералізованими.

Для оцінки ступеня органічного забруднення верхньої ділянки річки нами використано систему Пантле-Бук в модифікації Сладечека з урахуванням таких зон самоочищення як полісапробна, альфа- та бетамезосапробна, олігосапробна та ксеносапробна. Враховуючи кількість видів-індикаторів тієї чи іншої зони самоочищення, ми віднесли їх до відповідних класів якості вод.

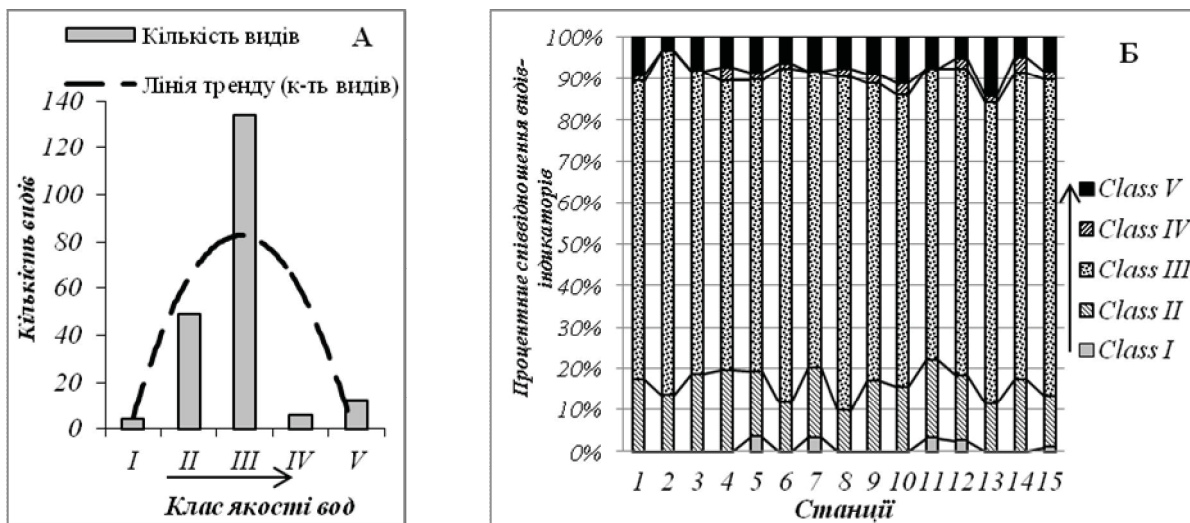
Як видно із рис. 7, А індикаторні види водоростей розподілились між 5-ма класами якості вод. Вершина лінії тренду вказує на III клас якості вод як на найбільш представлений (65,4%). Йому відповідають представники бета-оліго-сапробіонтів, оліго-альфа-сапробіонтів, бета-мезо-сапробіонтів та бета-альфа-сапробіонтів. Серед них найчастіше траплялися *Crucigenia quadrata* Morren, *Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegew., *Merismopedia punctata*, *Pediastrum duplex*, *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegew. та деякі інші.

На рис. 7, Б зображено зміни якості вод на верхній ділянці р. Пд. Буг. Як бачимо, III клас якості вод був досить стабільним за виключенням ст. 13, де відбувалося незначне погіршення якості води. Проте все ж вона не виходила за межі III класу. Нижче по руслу річки екологічна ситуація на ній стабілізувалась.

Враховуючи особливості оцінки органічного забруднення за Ватанабе, на верхній ділянці р. Пд. Буг нами виявлено 36 видових та внутрішньовидових таксонів водоростей-індикаторів. Як видно із рис. 8, А, вершина лінії тренду вказує на домінування еврисапробів (66,7%), тобто таких водоростей, що можуть витримувати помірне органічне забруднення. Це, насамперед, *Aulacoseira granulata*, *Melosira varians*, *Stephanodiscus hantzshii*, *Ulnaria acus* (Kütz.) Aboal,



*Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compere та *Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Sm. та інші. Серед сапроксенів варто відзначити: *Amphora pediculus* (Kütz.) Grunow, *Cocconeis pediculus* Ehrenb., *Cymbella lanceolata* та інші.



**Рис. 7. Розподіл видів водоростей-індикаторів органічного забруднення вод (за системою Пантле-Бук):**

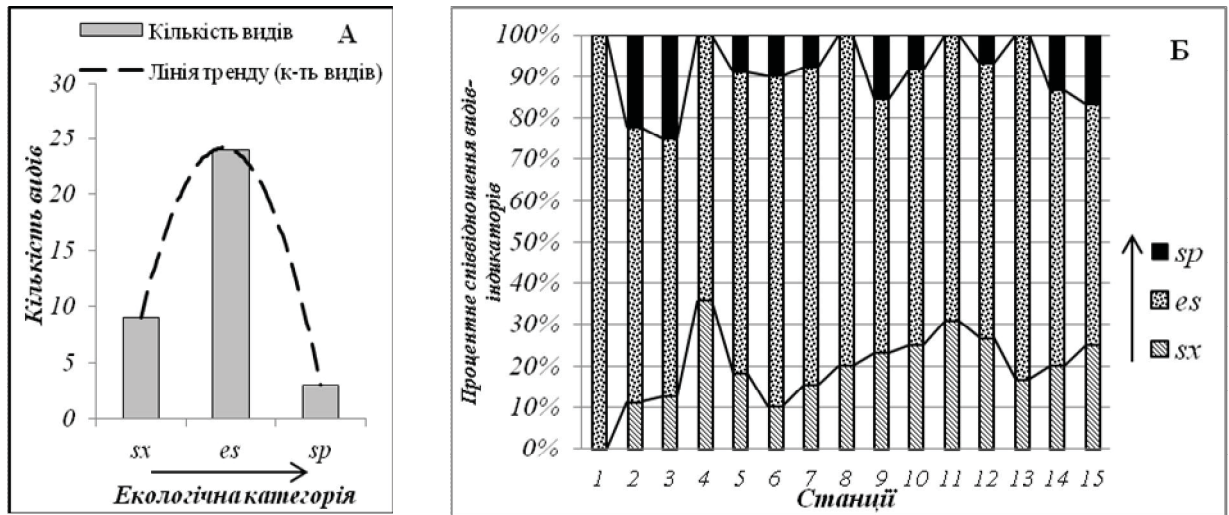
А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг

Аналіз динаміки індикаторних видів на досліджуваних станціях засвідчив помітну перевагу сапроксенів та еврисапробів на всьому протязі річки (рис. 8, Б). Це особливо помітно на ст. 1, 4, 11 і 13 та свідчить про відносну чистоту води. Частка індикаторів помітного органічного забруднення (сапрофілів) була найвагомішою на ст.2 і 3.

Загалом, виявлені види-індикатори засвідчують відсутність сильного органічного забруднення на досліджуваній ділянці р. Пд. Буг, проте на деяких її частинах досить помітні коливання чистоти вод в напрямку її погіршення.

Основою системи індикаторів типу живлення, розробленої Г. Ван Дамом [14], є індикаторні властивості діатомових водоростей, зокрема, особливості їх живлення та відношення кількості у воді азотовмісних органічних сполук. У результаті проведеного аналізу, із 4-х категорій цієї системи на верхній ділянці р. Пд. Буг нами виявлено представників кожної із них. Як бачимо із рис. 9 А, переважають тут автотрофи, які витримують підвищені концентрації азотовмісних органічних сполук (67,6%). Друге місце належить автотрофам, що розвиваються за низької концентрації азотовмісних органічних сполук (18,9%). Дві інші сходинки належали факультативним гетеротрофам, які розвиваються у воді за періодичних підвищень концентрації азотовмісних органічних сполук та облігатним гетеротрофам, які розвиваються у воді за підвищених концентрацій азотовмісних органічних сполук. У цілому, індикатори типу живлення склали 13,3% від загальної кількості видових та внутрішньовидових таксонів водоростей, знайдених на верхній ділянці р. Південний Буг.

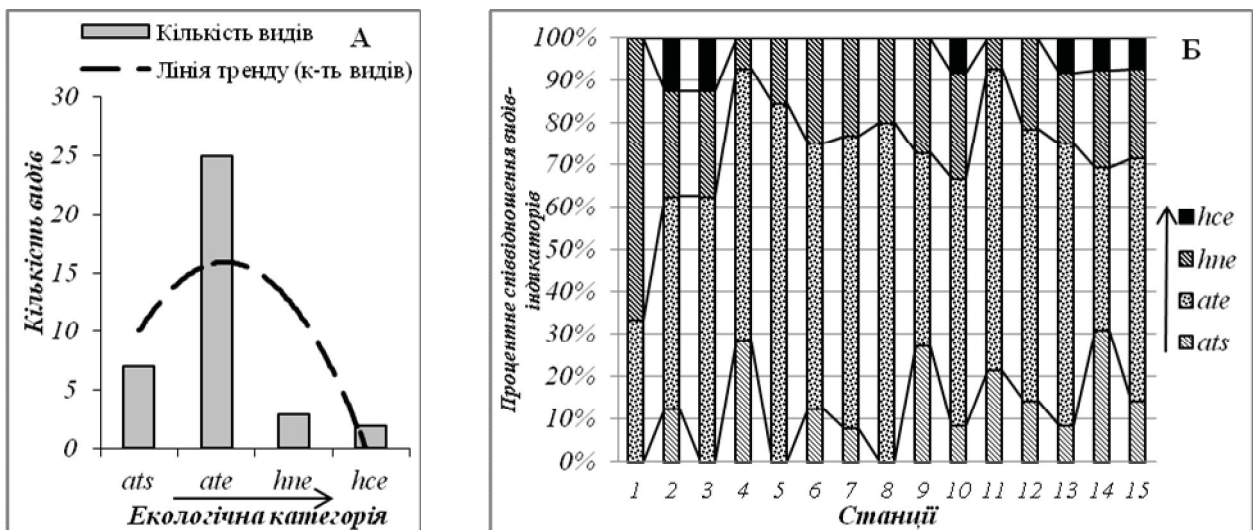
Серед видів, що належать до організмів з автотрофним типом живлення, які витримують підвищені концентрації азотовмісних органічних сполук, найчастіше відзначено *Aulacoseira granulata* var. *curvata* Grunow, *Cocconeis pediculus*, *Navicula lanceolata* та *Ulnaria ulna*.



**Рис. 8. Розподіл видів водоростей-індикаторів органічного забруднення вод (за системою Ватанабе):**

**А** – кількість видів-індикаторів, **Б** – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг.

Оцінюючи розподіл цієї групи індикаторних організмів по руслу річки, слід зазначити, що біля її витoku (ст. 1) переважали факультативні гетеротрофи, які розвиваються у воді за періодичних підвищень концентрації азотовмісних органічних сполук (до 70% в угрупованні) (див. рис. 9, Б). На наступних станціях (ст. 2–4) вони поступово витіснялися автотрофними організмами, яких на ст. 4 вже було близько 90%.



**Рис. 9. Розподіл видів водоростей-індикаторів типу живлення та відношення до кількості азотовмісних органічних сполук:**

**А** – кількість видів-індикаторів, **Б** – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг.

Починаючи із ст. 4 і до ст. 10 включно спостерігалось поступове витіснення автотрофів, частка яких на ст. 14 складала вже 67%. Виключення становила лише ст. 11, де автотрофи знову займали провідну позицію (більше 90%). Таким чином, динаміка індикаторних видів свідчить про те, що на дослідженій ділянці фотосинтетична діяльність водоростей р. Пд. Буг періодично пригнічувалася через

незначне забруднення верхньої та середньої частин досліджуваної ділянки водотоку.

Система оцінки трофічного стану вод, за Г. Ван Дамом [14], включає 7 категорій видів-індикаторів, що належать до відділу Bacillariophyta. Серед видового складу водоростей, виявлених нами на верхній ділянці р. Південний Буг, відзначено 37 видів і внутрішньовидових таксонів водоростей, які є індикаторами трофності вод. Як видно із рис. 10, А, за кількістю видів переважали організми-індикатори евтрофних вод (67,6%), на що також вказує і вершина лінії тренду. Серед них найчастіше траплялися *Amphora ovalis*, *Cocconeis pediculus*, *Melosira varians*, *Navicula veneta* Kütz. та ін.

Меншою мірою представлені інші категорії. Варто також відзначити відсутність видів, які є індикаторами оліготрофних вод. Натомість, були наявні види, які належать до категорії евтрофних вод. Це свідчить про різнотипні відгуки водоростевого угруповання річки на зміну умов, за яких можливий розвиток як мезотрофних, так і гіпертрофних видів.

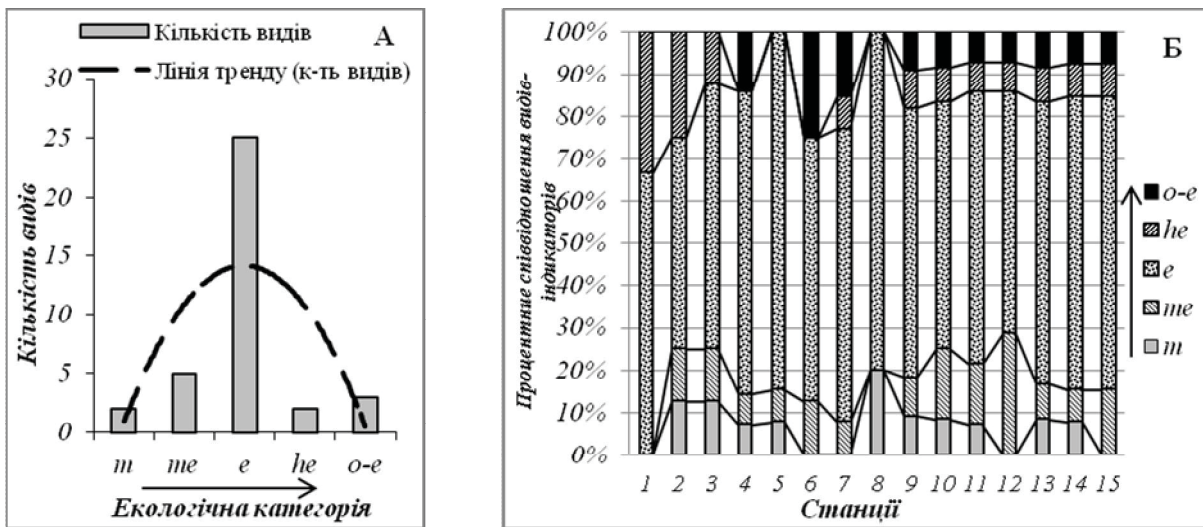


Рис. 10. Розподіл видів водоростей-індикаторів якості вод за рівнем трофності: А – кількість видів-індикаторів, Б – їх процентний розподіл на станціях спостережень верхньої ділянки р. Південний Буг.

Динаміка змін індикаторного складу за станціями річки засвідчує, що у верхів'ї (ст. 1) частка евтрофних видів досягала 35% (див. рис. 10, Б). Потім вони витіснялися мезотрофами (включно до ст. 5). На ст. 6 та 7 помітним було збільшення частки індикаторів гіпертрофії вод, проте вони складали не більше 25%. Починаючи від ст. 8 та до кінця верхньої ділянки річки рівень трофності залишався постійним із переважанням евтрофних видів та приблизно рівною кількістю індикаторів інших категорій трофності. Таким чином, проведена оцінка досліджуваної ділянки р. Південний Буг на основі біоіндикаційних характеристик водоростей свідчить про її евтрофний статус.

**Висновки.** У товщі води дослідженої ділянки річки Південний Буг, відзначено переважання планктонних та планктонно-бентосних видів водоростей, а також індикаторів середньої текучості вод, помірного температурного режиму, слабколужних вод та індиферентів за відношенням до рН і рівня солоності. Річкова вода верхньої ділянки за рівнем органічного забруднення за Пантле-Бук (в модифікації Сладечека) належить до III класу якості, а за системою Ватанабе – вона характеризується помірним вмістом органічних сполук. У її водній товщі переважали автотрофні

організми, які витримують підвищені концентрації азотовмісних органічних сполук та індикатори евтрофних вод.

Такий детальний біоіндикаційний аналіз фітопланктону верхньої ділянки Південного Бугу є досить важливим аспектом моніторингу і потребує продовження щодо усїєї руслової частини річки.

### Список літератури

1. Афанасьев С.А. Развитие европейских подходов к биологической оценке состояния гидросистем в мониторинге рек Украине / С.А. Афанасьев // Гидробиологический журнал. – 2001. – Т. 37, № 5. – С. 3–18.
2. Барінова С. С. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды / Барінова С. С., Медведєва Л. А., Анисимова О. В. – Тель Авив : Pilies Studio, 2006. – 498 с.
3. Белоус Е. П. Таксономическая структура фитопланктона верхнего участка реки Южный Буг (Украина) / Е. П. Белоус // Альгология. – 2012. – 22, №4. – С. 393–401.
4. Водна Рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення / EU Water Framework Directive 2000/60/EC. Definitions of Main Terms. – К., 2006. – 240 с.
5. Рысин Л. П. Тип экосистемы как элементарная единица в оценке биоразнообразия на экосистемном уровне / Л. П. Рысин // Экология. – 1995. – № 4. – С. 259–262.
6. Словарь ботанических терминов / И. А. Дудка, С. П. Вассер, И. Н. Голубинский и др. [под ред. И. А. Дудки]. – К. : Наук. думка, 1984. – 308 с.
7. Hustedt F. Die Diatomeenflora des Flußsystems der Wasser im Gebiet der Hansestadt Bremen / F.Hustedt // Abhandlungen Naturwissenschaftlicher, Verein. – 1957. – Vol. 34. – S. 181–440.
8. Hustedt F. Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra / F. Hustedt // Archiv für Hydrobiologie, Suppl. – 1938. -1939. – Vol. 15. – S. 131–177.
9. Medvedeva L.A. Use of algae for monitoring rivers in the Monsoon climate areas (Russian part of Asian Pacific region) / L.A. Medvedeva, S.S. Barinova, A.A. Semenenko // International Journal of Environment and Resource. – 2012. – Vol.1, Issue 1 – P. 39–44.
10. Pantle R. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse / R. Pantle, H. Buck. – Gas- und Wasserbach. - 1955. – B. 96, № 18. – 604 S.
11. Sládeček V. Diatoms as indicators of organic pollution / V. Sládeček // Acta hydrochim. et hydrobiol. – 1986. – Vol. 14, N 5. – P. 555–566.
12. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view / V. Sládeček // Ergebnisse der Limnologie. – 1973. – Vol. 7, N 1/4. – P. 1–128.
13. Tett R. Use of phytoplankton community index to assess the health of coastal waters / R. Tett, C. Carreira, D.K. Mills etc // ICES Journal of Marine Science/ – 2008. – Vol. 65. – P. 1475–1482.
14. Van Dam H. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands / H. Van Dam, A. Mertens, J. Sinkeldam // Netherlands Journal Aquatic Ecology. – 1994. – Vol. 28. P. 117–133.
15. Watanabe T. Biological indicator for the assessment of organic water pollution / T. Watanabe // Japan Journal of Water Pollution Research. – 1986. – Vol. 19. – P. 7–11.
16. Watanabe T. Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage – Diatom Assemblage Index (DAIpo) / T. Watanabae, K. Asai, A. Houki // Science Total Environment. – 1986. – Vol. 55. – P. 209–218.

#### **Біоіндикаційний аналіз верхньої ділянки річки Південний Буг по фітопланктону Білоус О.П., Барінова С.С., Ключенко П.Д.**

Вперше на основі виявлених планктонних водоростей верхньої ділянки річки Південний Буг проведено її біоіндикаційний аналіз. Ідентифіковані нами водорості є індикаторами за такими напрямками як: приуроченість до субстрату (міцезростання), текучість вод та їх насичення киснем, температурний режим, рН, солоність, органічне забруднення, трофність, тип живлення та відношення до кількості азотовмісних органічних сполук.

**Ключові слова:** фітопланктон, біоіндикація, екологічний стан, види-індикатори.

#### **Биоиндикационный анализ верхнего участка реки Южный Буг по фитопланктону Белоус Е.П., Барінова С.С., Ключенко П.Д.**

Впервые на основании выявленных планктонных водорослей верхнего участка реки Южный Буг проведен биоиндикационный анализ. Идентифицированные нами водоросли

являлись индикаторами: приуроченности к субстрату (местообитание), текучести вод и их насыщенности кислородом, температурного режима, pH, солености, органического загрязнения, трофности, типу питания и отношению к количеству азотосодержащих органических соединений.

**Ключевые слова:** фитопланктон, биоиндикация, экологическое состояние, виды-индикаторы.

**Bioindication analysis of the upper part of the Southern Bug River based on phytoplankton**

**Bilous O.P., Barinova S.S., Klochenko P.D.**

*Bioindication analysis was made for the first time on the basis of planktonic algae of the upper part of the Southern Bug River. Identified algae were indicators of the: affinity to the substrate (habitat), water flow and oxygen saturation, temperature, pH, salinity, organic pollution, trophic state, and type of nutrition to the amount of nitrogen-containing organic compounds.*

**Keywords:** phytoplankton, bioindication, ecological state, species-indicators.

**Надійшла до редколегії 05.03.2014**