

ФІТОПЛАНКТОН ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ЗМІНИ РЕЖИМУ СОЛОНОСТІ

Снігірєва А.О. – к.б.н.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України», snigireva.a@gmail.com

Богатова Ю.І. – к.г.н., с.н.с., провід.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України», bogatovayu@gmail.com

У статті наводяться результати досліджень з впливу низки гідрохімічних параметрів на формування угруповання фітопланктону в Тилігульському лимані у 2015 році й подано прогноз можливих змін його видової структури в умовах підвищення солоності. У північній, центральній, південній і прибережній частині лиману виявлено 65 видів мікродоростей, які в основному представлені діатомовими (44) та динофітовими (12 видів). Для прибережної акваторії характерна найвища чисельність фітопланктону ($4,3 \text{ млн. кл.} \cdot \text{л}^{-1}$) за рахунок масового розвитку зелених водоростей. Біомаса майже однакова на станціях у всіх вивчених районах ($1618,2\text{--}1955,8 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$), крім південного ($358,7 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$). Солоність варіювала в діапазоні: 13‰ – у прибережній частині, 24‰ – у південній і північній, 25‰ – у центральній. У пониззі лиману спостерігалось домінування динофітових водоростей родів *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, *Gymnodinium* (частка за чисельністю й біомасою до 82%), на морському узбережжі – зелених водоростей *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komárk.-Legn., *M. minutum* (Nägeli) Komárk.-Legn. (до 67% за чисельністю й 11% за біомасою). Досить високої чисельності на різних станціях сягали дрібні джгутикові (до 10% за біомасою та 15% за чисельністю). Серед діатомових масово розвивалися в південній частині лиману *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., у прибережній – *Ceratoneis closterium* (Ehr.) Reimann et J.C.Lewin, *Tabularia fasciculata* (Ag.C) D.M.Williams et Round, у центральній – *Chaetoceros socialis*, у північній – *Navicula* sp. Кореляційний та ординаційний аналіз виявив, що основним фактором, який зумовлює розвиток мікрофітів планктону на досліджених станціях, є солоність. У придонному горизонті важливим фактором також були вміст кисню, глибина й температура. Уміст біогенних елементів є більш значним на поверхневому горизонті. Щодо солоності виявлено 35 видів-індикаторів, із яких 11% становили індиверенти (прісноводно-солонуватоводні), 37% – мезогалофи (солонуватоводні) та 51% – полігалофи (морські). Під час порівняння з дослідженнями 1980-х і 2000-х років встановлено, що частка прісноводно-солонуватоводних видів значно зменшилася, а прісноводні загалом відсутні. Подальше збільшення солоності призведе до підвищення частки евригаліних видів, наприклад, діатомових *Achnanthes brevipes*, *Halammphora coffeaeformis*, *Navicula salinarum*, *N. pontica*, *N. cancellata*, *Nitzschia hybrida*, *Tabularia fasciculata*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis scutellum*. Ці види витримують досить великі діапазони солоності й першими масово розвиваються у водоймах, що осолоняються.

Ключові слова: Тилігульський лиман, фітопланктон, солоність, гідрохімічний режим, північне Причорномор'я.

Вступ

Тилігульський лиман – закритий лиман північного Причорномор'я, цінний рибпромисловий і рекреаційний об'єкт. Водойма сформувалася під час затоплення морем гирлової ділянки р. Тилігул, у XVIII–XIX ст. відокремилася від моря піщаним пересипом і сьогодні пов'язана з ним каналом протяжністю 3,3 км. Морфометричні особливості лиману – велика площа водозбору (5240 км^2), мала порівняно з довжиною (52 км) і шириною (до 5,4 км). Наявність численних протяжних пересипів, що вдаються в акваторію, ускладнює водообмін і суттєво впливає на формування гідролого-гідрохімічного й гідробіологічного режимів. Акваторію

лиману можна умовно поділити на три частини: південну – найбільш глибоководну (10–15 м, максимальна – 22,2 м), центральну – з глибинами 5–16 м, північну – з глибинами 3–5 м, куди впадає річка Тилігул.

Солоність води в лимані за більш ніж 100-річний період спостережень значно зростала, що пов'язано як із природними (кліматичними), так і з антропогенними змінами у водному балансі лиману. Упродовж декількох десятиліть спостерігається тенденція підвищення солоності вод Тилігульського лиману, що зумовлено зменшенням притоку прісної води зі всього водозбірного басейну. Показники солоності в 1940-і роки коливалися в діапазоні 3–10‰, у 1970–

80-ті роки – 9–14‰, у першій декаді 2000-х – 13–18‰ (Погребняк 1960; Тучковенко, Адобовський, Тучковенко 2014; Ковтун 2012). У подальші роки солоність води в лимані варіює в діапазоні 19–25‰ (Шуйський, Синюк 2015), досягаючи близько 30‰ у 2020 році (усне повідомлення С.М. Снігір'ова). Зміна одного з основних лімітуючих факторів відображається на видовому складі та кількісних характеристиках гідробіонтів, зокрема фітопланктону, тому дослідження його сучасного стану є актуальним. Стаття базується на даних 2015 року, має на меті спрогнозувати можливі варіанти розвитку альгофлори лиману під впливом змін режиму солоності.

Матеріал і методи досліджень

Кількісні проби фітопланктону зібрані в травні 2015 року на 10 станціях у лимані та 1 станції в прилеглий прибережній частині Чорного моря (рис. 1). Усього зібрано й опрацьовано 14 проб фітопланктону, у тому числі 9 проб із поверхневого та 5 – із придонного горизонту. Відібрані проби об'ємом 1 л фіксували 40% нейтралізованим формаліном, а потім згущували осадовим методом до 50–100 мл. За необхідності згущення проводили повторно, доводячи об'єм фільтрату до 10–40 мл. Клітини фітопланктону рахували в краплі фільтрату об'ємом 0,05 мл при збільшенні мікроскопу $\times 160$ і $\times 640$. З метою підрахунку клітин розміром від 50 мкм і пошуку колоніальних форм фітопланктону використовували

камеру об'ємом 1 мл (Нестерова 1988; Moncheva, and Paug 2010). Біомасу розраховували методом істинного об'єму, прирівнюючи клітину до близької за її формою геометричної фігури (Брянцева, Лях, Сергеева 2005). Таксономічну належність мікроводоростей визначали за визначниками (Асаул 1975; Коваленко 2009; Крахмальний 2010; Прошкіна-Лавренко 1955, 1963; Царенко 1990; Норренратх, Elbrachter, Drebes 2009; Tomas 1997). Надано характеристику видів щодо солоності (Guiry, Guiry 2020; Барінова, Белоус, Царенко 2019) і проведено порівняння сучасних видів-індикаторів з історичними даними (Іванов 1982; Теренько 2005). Номенклатурні назви водоростей наведено за міжнародним електронним каталогом водоростей (Guiry, and Guiry 2020). Гідрохімічні дослідження включали з'ясування таких параметрів: солоність, розчинений кисень і відсоток насичення води киснем, розчинені біогенні речовини – мінеральні та органічні сполуки азоту й фосфору (TN, TP), вимірювання яких проводили за стандартними методами (Орадовский 1977).

Результати та обговорення

В угрупованні фітопланктону Тилігульського лиману знайдено 65 видів мікроводоростей, які в основному представлені діатомовими (44) та динофітовими (12 видів). З інших відділів відмічаються Cyanoprokaryota (4 види), Chlorophyta (2), Cryptophyta (2), Chrysophyta (1).

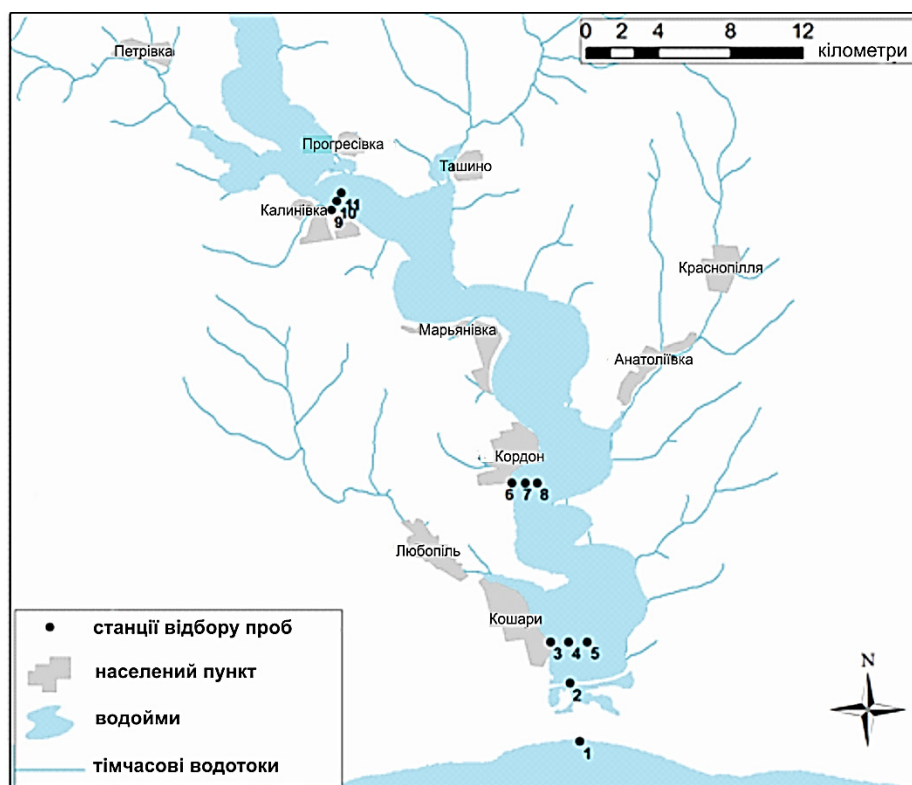


Рис 1. Схема станцій відбору проб у 2015 році

Чисельність і біомаса коливалися в діапазонах від 69,5 тис. кл.·л⁻¹ до 4,3 млн. кл.·л⁻¹ і від 49 до 2426 мг·м⁻³ відповідно. Найбільша чисельність характерна для прибережної акваторії (станції 1 і 2) за рахунок розвитку тут зелених водоростей (2,9 млн. кл.·л⁻¹). На цих же станціях високу біомасу (768–2031 мг·м⁻³) становили діатомові водорості за рахунок розвитку представників родів *Ceratoneis*, *Licetophora*, *Melosira*, *Tabularia*, *Amphora* та *Navicula*.

Середній розподіл кількісних показників у різних частинах лиману варіював так: чисельність сягала 853,2 тис. кл. л⁻¹ у північній частині, 264,2 тис. кл.·л⁻¹ – у центральній, 251,7 тис. кл.·л⁻¹ – у південній, 3,7 млн. кл.·л⁻¹ – у прибережній; біомаса змінювалася незначно в північній, центральній і прибережній (1798,5 мг·м⁻³, 1618,2 мг·м⁻³ та 1955,8 мг·м⁻³ відповідно), але була значно нижчою в південній частині лиману – 358,7 мг·м⁻³ (рис. 2).

На ділянках лиману з глибинами 3–7 м зібрані проби з поверхневого і придонного горизонтів. Придонні горизонти характеризувалися більш високими значеннями чисельності й біомаси. На всіх горизонтах переважали діатомові (43,8%) і динофітові (43,6%) водорості, але за чисельністю на придонному горизонті внесок діатомових становив 54,3%, динофітових – 17,1%. Особливо змінювалася частка дрібних джгутикових і ціанопрокаріот, біомаса яких переважала в поверхневому горизонті (рис. 3).

Видовий склад змінювався досить нерівномірно в діапазоні від 13 до 29 видів на різних станціях. Максимальне число видів відмічено на станції 2 та центральній частині лиману, мінімальне – у південній частині.

З кінця 1930 років І.І. Погребняк (1960), вивчаючи генезис донної рослинності Тилігульського лиману, відмічав перехід флори від прісноводної до солонуватоводної. На початку 2000-х рр. частка

морських видів збільшилася з 14 до 64%, а прісноводних – знизилася в чотири рази (Теренько 2005). Планктонна флора того періоду належала до морського типу з домішками солонуватоводних і прісноводно-солонуватоводних форм. Уперше відмічалися криптофітові й золотисті водорості, зросла частка дрібних джгутикових і гетеротрофних динофлагеллят. Подальше підвищення солоності до 18‰ призвело до повного зникнення прісноводного комплексу гідробіонтів (Ковтун 2012).

Різка зміна будь-яких факторів середовища – солоності, газового режиму, трофності, рівня води – виробила в представників лиманного комплексу широкий спектр адаптацій до різких коливань умов середовища з метою переживання несприятливих умов з подальшим спалахом чисельності при нормалізації останніх. Однак, незважаючи на широкі діапазони пристосування, тварини й рослини лиманного комплексу в основі є солонуватоводними й досягають найбільшого розвитку в мезогалінних умовах. Представники морської флори мали істотне значення тільки в тих лиманах, де періодично відновлювався зв'язок із морем. При повній ізоляції лиманів від моря роль представників морської флори знижується, а солонуватоводних і ультрагалінних зростає (Погребняк 1960).

Згідно з класифікацією за відношенням до солоності за Р.В. Кольбе в інтерпретації А.І. Прошкіної-Лавренко (1953), виділяють такі групи з певним діапазоном солоності: полігалоби (від 30–40‰ і вище), мезогалоби (0,5–30‰), олігогалоби, які у свою чергу поділяються на галофілів (0,3–0,4‰), галофобів (до 0,02‰) та індіферентів (0,4–0,5‰). На основі проведених досліджень для 35 видів, для яких ставлення до солоності відомо з літературних джерел (Guiry, and Guiry 2015; Ковтун 2012; Прошкіна-Лавренко 1953), виявлено 2 індіференти, 15 мезогалобів і 18 полігалобів. Якщо прийняти, що індіференти є прісноводно-солонуватоводними видами, мезогалоби – солонуватоводними, а полігалоби – морськими з відповідними діапазонами солоності, можна проаналізувати зміни у співвідношенні екологічних груп мікрowodоростей планктону, спираючись на результати попередніх досліджень (таблиця 1).

Загалом отримані дані підтверджують зменшення частки прісноводних і прісноводно-солонуватоводних видів. Спостерігається тенденція до збільшення частки евригалінних видів, які здатні витримувати великі діапазони змін солоності.

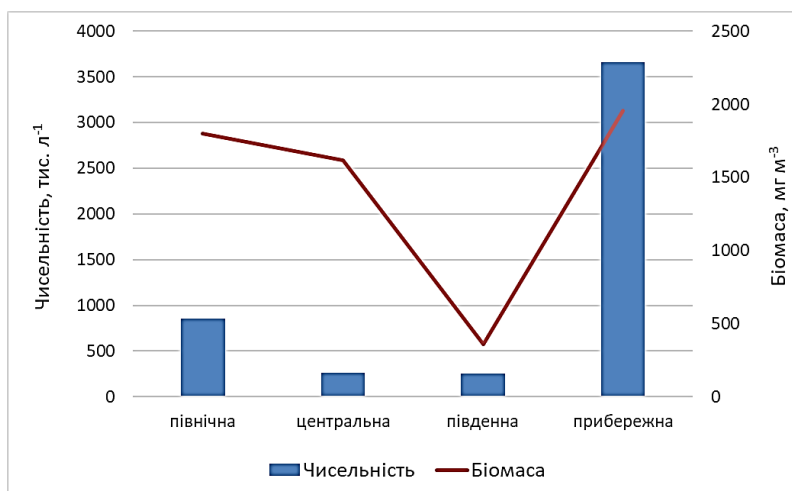


Рис. 2. Структурні показники фітопланктону в різних частинах Тилігульського лиману у 2015 році

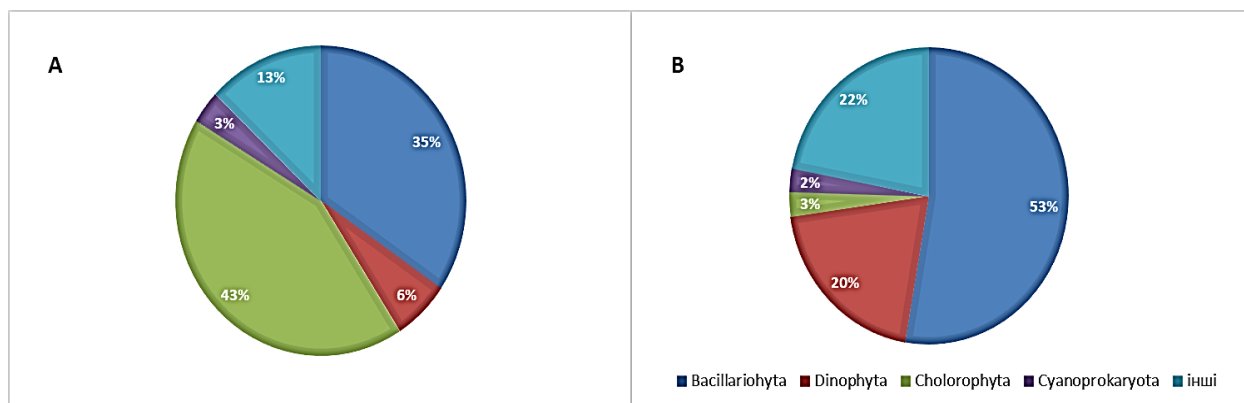


Рис. 3. Таксономічне різноманіття фітопланктону в поверхневому (А) та придонному (В) горизонтах Тилігульського лиману у 2015 році

Таблиця 1

Зміна співвідношення екологічних груп мікрободоростей планктону (%) Тилігульського лиману

Період	Прісноводні (0,02-0,3 ‰)	Морські (30-40 ‰)	Прісноводно-солонуватоводні (0,4-0,5 ‰)	Солонуватоводні (0,5-30 ‰)
1980–1983 (Иванов 1982)	64	14	22	
2001–2003 (Теренько 2005)	15	64	9	12
2015 (наші дані)	0	51	11	37

Під час досліджень у травні 2015 року у фітопланктоні Тилігульського лиману не знайдено ультрагалінних видів (витримують солоність до 200‰), хоча їх присутність відмічалася раніше, наприклад, *Dunaliella viridis* і *Dunaliella salina* (Исаченко 1918).

Картину розвитку й розподілу фітопланктону попередні дослідники демонстрували так: у південній і центральній частинах переважають морські види, у північній – прісноводні (Полищук и др. 1990). Однак у 2015 році ситуація змінилася кардинально на протилежну: у більш опрісненій морській частині (солоність 13‰) – спостерігається масовий розвиток прісноводно-солонуватоводних видів (загалом представники зелених водоростей). Для інших частин лиману характерна однорідна солоність 24‰ в середньому, у зв'язку з чим розподіл мікрободоростей у товщі води зумовлюється ще й іншими факторами.

Зміни, пов'язані зі збільшенням солоності, можна охарактеризувати так. Логічно припустити, що прісноводно-солонуватоводні види (*Amphora* aff. *ovalis*, *Dolichospermum flosaquae*, *Monoraphidium contortum*, *M. minutum*) поступово зникнуть. Другою групою будуть морські види, що не витримують солоність більше ніж 40‰. Це представники роду *Chaetoceros*, які зустрічаються зараз у лимані, – *Skeletonema costatum*, *Synedra crystallina*, *Gymnodinium wulfii*, *Nitzschia hybrida* тощо.

До широких еврігалобів належать *Achnanthes brevipes*, *Halammphora coffeaeformis*, *Navicula salinarum*, *N. pontica*, *N. cancellata*, *N. hybrida*, *Tabularia fasciculata*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis scutellum*, які витримують досить великі діапазони солоності й першими масово розвиваються у водоймах, що осолоняються (Прошкина-Лавренко 1953). Це також підтверджується даними І.І. Погребняка (1960), отриманими під час вивчення осолонення Куяльницького лиману, коли перелічені водорості розвивались при солоності 79‰. Ординаційні діаграми (рис. 4, 5) демонструють подібний розподіл для знайдених видів.

Присутність у нижній частині пересипу Тилігульського лиману солоного озера (53‰) може підказати, які види є потенційними в разі перекриття доступу прісної (зі стоком, опадами) чи опрісненої з моря (через канал) води. За даними Л.М. Теренько (2005), в озері розвиваються діатомові *Pleurosigma elongatum*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *C. closterium*, *Cyclotella meneghiniana*, *N. pontica*. Масовими видами в озері є криптофітова *Rhodomonas salina* (45 тис. кл. · л⁻¹) і діатомова *N. pontica* (29 тис. кл. · л⁻¹).

У разі підвищення солоності більше ніж 200‰ вірогідний розвиток невеликої кількості ультрагалінних видів, наприклад, зелених водоростей *D. viridis* і *D. salina*.

У період експедиційних робіт майже на всій акваторії лиману до глибини 7 м відзначали гомотермію, температура води становила 21 °С. Показники солоності води лиману збільшувалися від пересипу до Калинівської коси, причому на всіх станціях розрізів спостерігалася гомохалінність. Навпроти с. Кошари солоність води становила 23,7–24,3‰, у середній частині лиману – 24,2–24,9‰, у районі с. Калинівка – 24,8–25‰. Безпосередній вплив морської води на солоність лиману не спостерігався навіть на станціях розрізу навпроти с. Кошари, тобто на відстані 2 км від гирла каналу на пересипі. При цьому солоність морської води на вході в канал була 12‰, а на виході з каналу в лиман солоність підвищилася до 14‰ за рахунок випаровування в мілководному каналі й пов'язаних із ним водоймищах пересипу.

Різні численні характеристики фітопланктону в окремих частинах лиману пов'язані з тим, що окремі відділи мікроводоростей по-різному реагують на зміни солоності (таблиця 2). У період досліджень солоність становила: 13‰ – у прибережній частині, 24‰ – у південній і північній, 25‰ – у центральній. У пониззі лиману спостерігалася домінування динофітових водоростей родів *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, *Gymnodinium* (за біомасою до 82%), на морському узбережжі – зелених водоростей *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komárk.-Legn., *M. minutum* (Nägeli) Komárk.-Legn. (до 11% за біомасою та 67% за чисельністю). Досить високої чисельності на різних станціях сягали дрібні джгутикові (до 10% за біомасою та 15% за чисельністю), становлячи в середньому 46,7 тис. кл.·л⁻¹ (діапазон: 6–203 тис. кл.·л⁻¹).

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції чисельності (N) і біомаси (B) фітопланктону поверхневого горизонту залежно від солоності

Параметр	Загальна	Vacillariohyta	Dinophyta	Cholorophyta	Суанопрокарйота	Інші
N	-0,98	-0,93	-0,31	-0,99	-0,98	-0,83
B	-0,62	-0,75	0,31	-0,99	0,08	-0,46

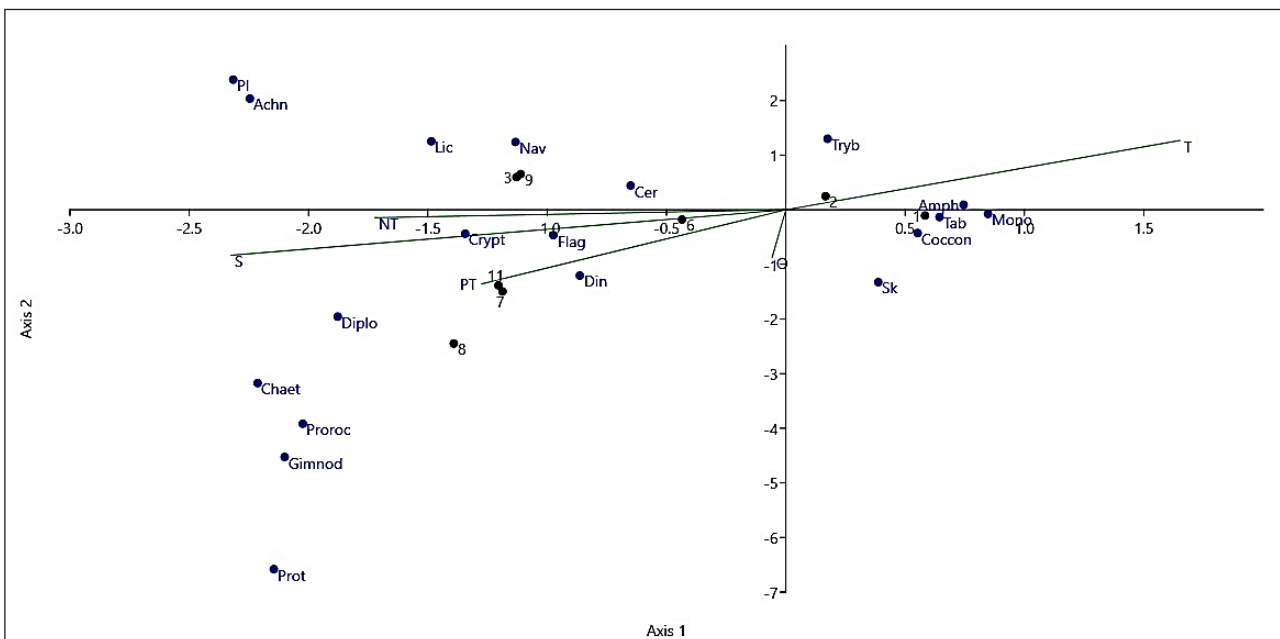


Рис. 4. Ординаційна діаграма, що основана на ССА аналізі чисельності фітопланктону поверхневого горизонту на сітці станцій у Тилігульському лимані у 2015 році

Зеленими смугами показані гідрохімічні параметри: T – температура, °С; S – солоність, ‰; O – уміст кисню, мг л⁻¹; NT – загальний азот, мгN·л⁻¹; PT – загальний фосфор, мгP·л⁻¹. Синіми точками вказані роди мікроводоростей: *Achnanthes* – Achn; *Amphora* – Amph; *Amphidinium* – Amph; *Ceratoneis* – Cer; *Chaetoceros* – Chaet; *Chrysis* – Chrys; *Cocconeis* – Coccon; *Coscin* – Coscin; *Cryptophyta* – Crypt; *Cyanophyta* – Cyan; *Dinophyta* – Din; *Diploneis* – Diplo; *Flagellata* – Flag; *Gimnodinium* – Gimnod; *Gimnodinium* – Gimnod; *Licmophora* – Lic; *Monoraphidium* – Mono; *Navicula* – Nav; *Pleurosigma* – Pl; *Prorocentrum* – Proroc; *Protoperidinium* – Prot; *Pseudonitschia* – Pseu; *Skeletonema* – Sk; *Synedra* – Syn; *Tabularia* – Tab; *Tryblionella* – Tryb; чорними точками – номери станцій. Перші дві осі координат репрезентують 79,71% загальної дисперсії.

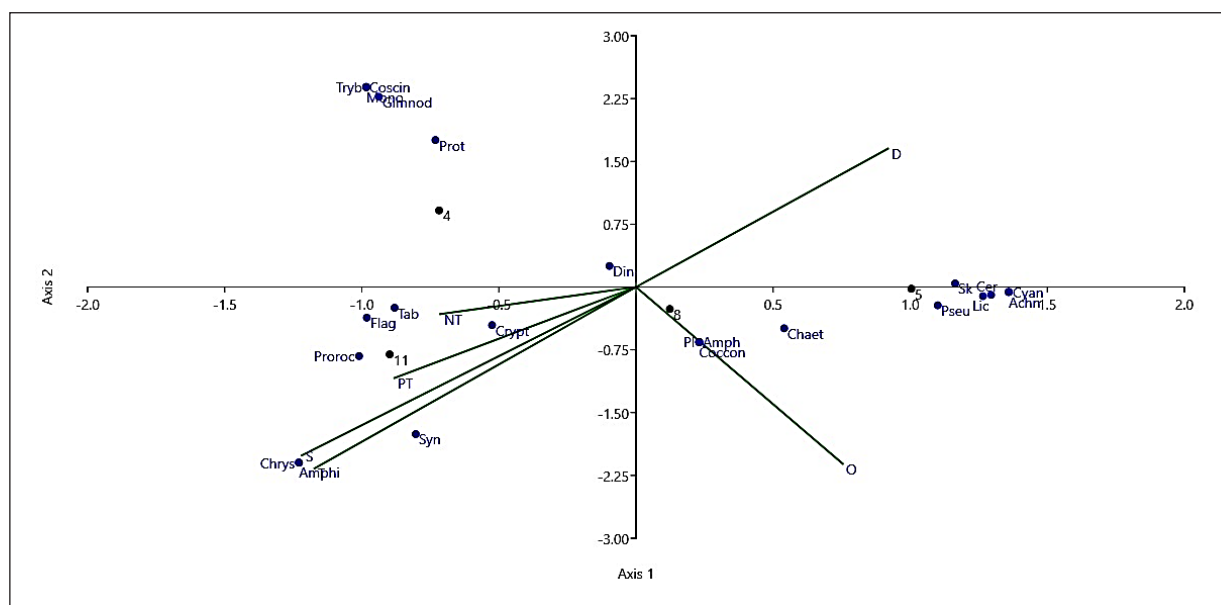


Рис. 5. Ординаційна діаграма, що основана на ССА аналізі чисельності фітопланктону придонного горизонту на сітці станцій у Тилігульському лимані у 2015 році

Зеленими смугами показані гідрохімічні параметри: *T* – температура, $^{\circ}\text{C}$; *S* – солоність, ‰; *O* – уміст кисню, $\text{мг}\cdot\text{л}^{-1}$; *NT* – загальний азот, $\text{мг}\text{N}\cdot\text{л}^{-1}$; *PT* – загальний фосфор, $\text{мг}\text{P}\cdot\text{л}^{-1}$; *D* – глибина, м. Синіми точками вказані роди мікрободоростей, аббревіатуру яких див. на рис. 4, чорними точками – номери станцій. Перші дві осі координат репрезентують 83,28% загальної дисперсії.

Серед діатомових масово розвивалися в південній частині лиману *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. ($268 \text{ тис. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), у прибережній – *Ceratoneis closterium* (Ehr.) Reimann et J.C. Lewin ($125 \text{ тис. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), *Tabularia fasciculata* (Ag.C) D.M. Williams et Round ($73 \text{ тис. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), у центральній – *Chaetoceros socialis* ($38 \text{ тис. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), у північній – *Navicula sp.* ($742 \text{ тис. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$).

Вплив солоності на фітопланктон підтверджують вірогідні коефіцієнти кореляції: $-0,9$ за чисельністю й $-0,6$ за біомасою (таблиця 1). Достовірні залежності, як за чисельністю, так і за біомасою, отримані для діатомових ($-0,9$; $-0,8$ відповідно), зелених ($-0,9$; $-0,9$) і дрібних джгутикових ($-0,8$; $-0,5$).

Суттєвий вплив солоності серед факторів середовища продемонстровано на ординаційних діаграмах, де зеленими смугами показано параметри середовища для поверхневого (рис. 4) та придонного горизонтів (рис. 5). Довжина смуги показує ступінь значимості того чи іншого фактору. Розподіл станцій, де проби відбиралися на поверхневому горизонті, спостерігається по різні боки осей координат залежно від рівня солоності: станціям 1 і 2 характерна найнижча солоність (рис. 4). Згідно з діаграмою, виділяються два кластери мікрободоростей: морські (діатомові роду *Diploneis*, *Chaetoceros*, *Planothidium*, *Achnanthes* та динофітових *Prorocentrum*, *Gymnodinium*, *Protoperidinium*) і солонуватоводні, що витримують великі коливання солоності (діатомові роди *Amphora*, *Tabularia*, *Cocconeis*, *Tryblionella* та зелені роду *Monoraphidium*).

Іншими значимими показниками в поверхневому шарі води є сполуки фосфору (PT) та азоту (NT), що показують ту саму картину впливу на зазначені види водоростей. Найменш значимим фактором на поверхневому горизонті є уміст кисню (O), який у поверхневих, добре прогрітих водних масах змінювався від $6,4$ до $8,5 \text{ мг}\cdot\text{дм}^{-3}$, насичення води киснем становило 84 – $114,4\%$.

У придонному горизонті, крім солоності, вагомими є такі фактори, як уміст кисню та глибина, що пов'язано з недостатнім насиченням води киснем у південній частині на глибинах 5 – 7 м (63 – 77%) і більш високими значеннями на цих же глибинах у центральній і північній частинах (86 – 89%) лиману. Для видів діатомових роду *Tryblionella*, *Coscinodiscus*, динофітових роду *Gymnodinium*, *Protoperidinium* і зелених роду *Monoraphidium* не відмічається чутливості до вмісту кисню. При цьому сформовано кластер видів, що є чутливими до глибини та кисню. Група видів криптофітових водоростей, дрібних джгутикових, а також деякі діатомові є чутливими до солоності й вмісту біогенних речовин. Уміст біогенних елементів є більш значимим для фітопланктону на поверхневому горизонті, ніж у придонному.

Формування гідрохімічного режиму лиману в період досліджень зумовлене гідрологічними умовами – гомотермія, гомохалінність, слабкий вплив морських вод і розвиток продукційно-деструкційних процесів. Розподіл речовин азоту й фосфору

в лимані також відрізнявся великою просторовою мінливістю. Це пов'язано з морфологічними особливостями північної, центральної та південної частин лиману, трансформацією річкових (р. Тилігул у верхів'ї лиману) і морських вод в акваторії лиману, а також із розвитком гідробіологічних процесів.

Висновки

Природні кліматичні й антропогенні зміни водного балансу Тилігульського лиману призвели до значного збільшення солоності з 3–10‰ у 1940-і роки до 25‰ у 2015 році й стали причиною зміни співвідношення різних екологічних груп у структуру угруповань фітопланктону, а саме збільшення частки солонуватоводних видів, що здатні до

широких коливань солоності. У період досліджень в угрупованні фітопланктону Тилігульського лиману виявлено 35 видів-індикаторів солоності, з яких переважали солонуватоводні та морські види – 37% і 51% відповідно. Прісноводні види не зафіксовані. Подальше збільшення солоності призведе до підвищення частки евригалінних видів, що витримують досить великі діапазони солоності й першими масово розвиваються у водоймах, що осолоняються. Це можуть бути такі види діатомових, як *Achnanthes brevipes*, *Halamphora coffeaeformis*, *Navicula salinarum*, *N. pontica*, *N. cancellata*, *Nitzschia hybrida*, *Tabularia fasciculata*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis scutellum*.

Список використаних джерел

- Асаул З.І. Визначник евгленових водоростей Української РСР. Київ : Наукова думка, 1975.
- Барінова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоіндикація водних об'єктів України: методи и перспективи. Хайфа-Київ : Издательство Университета Хайфы, 2019.
- Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря. Севастополь, 2005.
- Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек Северо-Западного Причерноморья. Киев : Наукова думка, 1982.
- Исаченко Б.Л. Несколько наблюдений над *Dunaliella salina* и над розовой солью. *Известия гл. бот. сада РСФСР*. 1918. № 18 (1). С. 37.
- Коваленко О.В. Синьо-зелені водорості. Том. I. Вип. 1. Пор. Chroococcales. *Флора водоростей України*. Київ : Арістей, 2009.
- Ковтун О.А. Фитобентос Тилігульського лимана (Черное море, Украина). LAP Lambert Academic Publishing, AV Akademikerverlang GmbH Co. KG, Saarbrücken, Deutschland, 2012.
- Крахмальний А.Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель). Киев : Альтерпрес, 2010.
- Нестерова Д.А. Методические рекомендации для отбора проб и обработки морского фитопланктона. Одесса : ОБИСС НАНУ, 1988.
- Орадовский С.Г. Руководство по химическому анализу морских вод. Ленинград : Гидрометеиздат, 1977.
- Погребняк И.И. О микрофитобентосе Тилігульського лимана. *Научный ежегодник Одесского государственного университета имени И.И. Мечникова*. 1960. № 2. С. 5–7.
- Лиманы Северного Причерноморья / В.С. Полищук, Ф.С. Замбриборщ, В.М. Тимченко, Б.И. Новиков, В.Л. Гильман, Л.А. Журавлева, Н.Г. Александрова, А.И. Иванов, Э.Я. Россова, Т.Г. Мороз. Киев : Наукова думка, 1990.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1963.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли планктона Черного моря. Москва-Ленинград : Изд-во АН СССР, 1955.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовый сборник. Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1953.
- Теренько Л.М. Планктонные микроводоросли Тилігульського лимана. *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу*. 2005. № 12. С. 622–631.
- Тучковенко Ю.С., Адобовский В.В., Тучковенко О.А. Характеристика изменчивости термохалинных условий Тилігульського лимана в современный период. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. № 17. С. 197–204.
- Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев : Наукова думка, 1990.
- Шуйский Ю.Д., Синюк А.Н. Соленость воды в Тилігульском лимане осенью 2015 года (побережье Черного моря). *Вісник ОНУ. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2015. № 20 (4). С. 89–98.
- Guiry M.D., Guiry G.M. *AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway*. 2020. URL: <http://www.algaebase.org>; searched on April 2020.
- Hoppenrath M., Elbrachter M., Drebes G. Marine phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. *Kleine Senckenberg-Reihe*, 2009. Band 49.
- Moncheva S., Parr B. *Manual for phytoplankton sampling and analysis in the Black Sea*. 2010.
- Tomas C.R. *Identifying Marine Plankton*. Academic Press, 1997.

PHYTOPLANKTON OF TILIGULSKY LIMAN IN CONDITIONS OF CHANGE OF SALT REGIME

Snigirova A.A., PhD

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, snigireva.a@gmail.com

Bogatova Yu.I., PhD, Senior Scientist

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine, bogatovayu@gmail.com

The article represents the research on influence of a number of hydrochemical parameters on the phytoplankton formation in the Tiligulsky Liman in 2015 and the forecast of possible changes in terms of increasing salinity. In the northern, central, southern and coastal part of the Liman, 65 species of microalgae were found, which were mainly diatoms (44) and dinoflagellates (12 species). The coastal waters were characterized by the highest number of phytoplankton (4.3 million cells·l⁻¹) due to the massive development of green algae.

The biomass was almost the same at all regions (1618.2 – 1955.8 mg·m⁻³), except the southern (358.7 mg·m⁻³). The salinity varied in the following range: 13‰ – in the coastal part, 24‰ – in the south and north, 25‰ – in the central. In the lower part it was revealed the dominance of dinoflagellates of the genera *Prorocentrum*, *Protoperidinium*, *Gymnodinium* (contribution to biomass up to 82%), on the sea coast – green algae *Monoraphidium contortum* (Thur.) Komárk.-Legn., *M. minutum* (Nägeli) Komárk.-Legn. (up to 11% by biomass and 67% by abundance).

Flagellates reached a fairly high abundance at different sites (up to 10% by biomass and 15% by abundance). Among the diatoms *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. developed massively in the southern part of the Liman; *Ceratoneis closterium* (Ehr.) Reimann et JCLewin and *Tabularia fasciculata* (Ag.C) DMWilliams et Round – in the coastal part; *Chaetoceros socialis* – in the central, *Navicula sp.* – in the northern. Correlation and ordination analysis revealed that salinity is the main factor determining the development of plankton microphytes at the studied sites.

Oxygen content, depth and temperature are also important factors in the bottom horizon. The content of nutrients is more significant on the surface horizon. Regarding the salinity, 35 species-indicators of salinity were identified, of which 11% were indifferent (freshwater-brackish-water), 37 – mesogalobes (brackish-water) and 51 polyhalobes (marine). In comparison with the studies of the 1980s and 2000s, it was found that the share of freshwater-brackish-water species has decreased significantly, and freshwater algae were absent. Further increase in salinity will lead to raising of the proportion of eurygaline species, such as diatoms *Achnanthes brevipes*, *Halamphora coffeaeformis*, *Navicula salinarum*, *N. pontica*, *N. cancellata*, *Nitzschia hybrida*, *Tabularia fasciculata*, *Ceratoneis closterium*, *Cocconeis scutellum*. These species can withstand fairly large salinity ranges and are the first who massively develop in salinized water bodies.

Key words: Tiligul Estuary, phytoplankton, salinity, hydrochemical regime, North West Black Sea.