

УДК 574.5+582.26(477.7)

Г.М. ШИХАЛЄЄВА, к. х. н., пров. наук. співроб.,
Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України,
вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net
ORCID 0000-0002-1475-4415

А.А.-А. ЕННАН, д. х. н., проф., директор,
Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України,
вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна
e-mail: eksvar@ukr.net
ORCID 0000-0003-4578-7858

П.М. ЦАРЕНКО, чл.-кор. НАН України, д. б. н., проф., пров. наук. співроб.¹,
зав. відділу²

¹ Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України,
вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна

² Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України,
вул. Терещенківська, 2, Київ 01004, Україна
e-mail: ptsar@ukr.net
ORCID 0000-0003-0711-8573

Г.М. КІРЮШКІНА, ст. наук. співроб.,
Фізико-хімічний інститут захисту навколишнього середовища і людини
МОН України та НАН України,
вул. Преображенська, 3, Одеса, 65082, Україна
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net
ORCID 0000-0003-4445-9879

ТАКСОНОМІЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ CHLOROPHYTA І CHAROPHYTA ВОДОЙМ БАСЕЙНУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ (УКРАЇНА, ПІВНІЧНО-ЗАХІДНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я)*

Наведено результати аналізу оригінальних даних (2001—2018 рр.) з екології і біогеографічного розподілу 45 видів та внутрішньовидових таксонів Chlorophyta із порядків Cladophorales (8), Ulotrichales (4), Ulvales (6), Chlorellales (1), Chlamydomona-

* Робота виконується в рамках проекту Міністерства освіти і науки України «Наукові засади охорони, відновлення, примноження та раціонального використання фіторесурсів Куяльницького лиману».

Ц и т у в а н н я: Шихалєєва Г.М., Еннан А.А.-А., Царенко П.М., Кірюшкіна Г.М. Таксономічне різноманіття та екологічні характеристики Chlorophyta і Charophyta водойм басейну Куяльницького лиману (Україна, Північно-Західне Причорномор'я). *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 5. С. 29—44.

dales (6) і Sphaeropleales (20) та 7 видів Charophyta із порядків Zygnematales (2), Desmidiaceales (4) та Charales (1) гіпергалінного Куяльницького лиману, його основних допливів та різнотипних водойм на території узбережжя у двохкілометровій водоохоронній зоні. Для кожного виду наведено екологічні характеристики (відношення до рН, солоності та вмісту органічних речовин, а також екологічна приуроченість) та умови його місцезростання (температура, солоність, рН, вміст неорганічних сполук азоту і фосфору). У гіпергалінному Куяльницькому лимані концентрація біогенних елементів (азоту і фосфору) була високою в усі періоди водності. Збільшення мінералізації лиману до 200—320 ‰ призводило до збіднення видового різноманіття, змін у структурі водоростевих угруповань та до переважання видів роду *Dunaliella* Teod. (Chlorophyta).

Ключові слова: водойми басейну Куяльницького лиману, екологія, біоіндикація, Chlorophyta, Charophyta.

У результаті багаторічних регулярних альгофлористичних досліджень фахівців Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України (ФХІЗНСІЛ), Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова накопичено великий обсяг фактичного матеріалу, систематизація і аналіз якого дозволяє розширити еколого-біологічні характеристики значної кількості видів водоростей різних систематичних груп.

Деякі відомості щодо екологічних характеристик водоростей наведено в узагальнюючій серії «Algae of Ukraine...» [20] та зведенні [2]. Детальнішу характеристику 279 (283 ввт) видів водоростей, виявлених при дослідженні альгофлори водних і ґрунтових екоотопів басейну Куяльницького лиману у період 2001—2018 рр., відображено в [8]. Однак конкретні відомості щодо умов їхнього зростання, за винятком лише найпоширеніших видів, відсутні.

Представлена робота є продовженням циклу публікацій щодо природи басейну Куяльницького лиману і присвячена аналізу екологічних характеристик водоростей відділів Chlorophyta і Charophyta лиману, його основних допливів і суміжних з ним різнотипних водних об'єктів.

Матеріал і методика досліджень

У якості матеріалу використані оригінальні дані синхронних багаторічних (2001—2018 рр.) альгофлористичних досліджень водойм басейну Куяльницького лиману. Охарактеризовано фізико-хімічні умови зростання водоростей (рН, температура води, солоність і вміст неорганічних сполук азоту і фосфору (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-})). Температуру середовища вимірювали скляним термометром ТЛ-4 зі шкалою розподілу 0,1 °С, а рН — за допомогою рН-метра з автономним живленням рН-150 МІ.

Гідрохімічний аналіз здійснювали за стандартними методиками в атестованій випробувальній лабораторії «Моніторинг» ФХІЗНСІЛ. Розраховано індекси сапробності за результатами наявності виду в пробах з відомими значеннями індивідуального індексу сапробності [2, 3, 14] за методом Пантле — Букк у модифікації Сладечека [23].

Карта-схема відбору проб водоростей на станціях моніторингу в басейні Куяльницького лиману представлена на рисунку 1.

Відбір проб в акваторії лиману здійснювали щоквартально вздовж берегових маршрутів на 15 станціях постійного спостереження (2001—2018 рр.), а під час високої водності лиману — на гідроботанічних розрізах (серпень — вересень 2004—2005 рр.); у пониззі р. Великий Куяльник в районі штучного насипу — щоквартально та епізодично — на шести станціях за руслом р. Великий Куяльник у межах с. Северинівка — смт. Ширяєве (2007 р., 2010 р.) (див. рис. 1).

Методи альгофлористичних досліджень детально описано раніше [21, 22, 24], вони відповідають загальноприйнятим підходам у дослідженні водоростей [5].

Результати альгологічних зборів та гідрохімічних досліджень за період 2001—2018 рр. у басейні Куяльницького лиману зберігаються у сформованій у ФХІЗНСІЛ електронній базі даних за тематичними блоками «Альгофлора Куяльницького лиману, його приток та суміжних водойм», «Поверхневі води басейну Куяльницького лиману».

Результати досліджень та їх обговорення

Головний об'єкт дослідження — гіпергалінний Куяльницький лиман належить до групи закритих лиманів Північно-Західного Причорномор'я і є одним з найдавніших на північно-західному узбережжі Чорного моря. Він розташований на північ від м. Одеси в долині р. Великий Куяльник і відділений від моря Хаджибейсько-Куяльницьким пересипом. Особливістю лиману є значна мінливість водного режиму: для нього характерні різкі коливання рівня та солоності води [6, 11, 17], що визначає розвиток водоростевих угруповань. Абсолютні значення солоності води Куяльницького лиману за період досліджень альгофлори змінювались у межах 49,9 ‰ (а у місцях стоку прісних вод на мілководді — 13—30 ‰) — 417 ‰. Основними допливами південної частини акваторії лиману є води, які поступають через канали стоків з Корсунцівських і Пересипських ставків. Об'єми їх в останні роки не перевищують 1,5 млн. м³. З північного сходу в центральну частину лиману надходять води з частково пересихаючих водотоків — річок Долдока і Кубанка, з південного сходу — води зі струмка за траверзом с. Красносілка (~200 м³/добу). На західному узбережжі лиману води з постійно діючого струмка за траверзом с. Августівка в об'ємах ~ 100 м³/добу поступають у центральну акваторію лиману. У північну частину акваторії лиману надходять води з р. Великий Куяльник, що в минулому столітті була найбільшим допливом. За сучасного періоду, за даними експедиційних спостережень, об'єм стоку води з р. Великий Куяльник нестабільний: у 2003—2006 рр. він змінювався в межах 5—7 млн. м³/рік, а з 2007 р. — не перевищував 1 млн. м³/рік [1, 18].

Зазначені допливи, а також розповсюджені в літоралі узбережжя лиману ефемерні водойми з солоністю води в межах 3,7—325 ‰ є потенційними джерелами видового різноманіття альгофлори Кл [22].

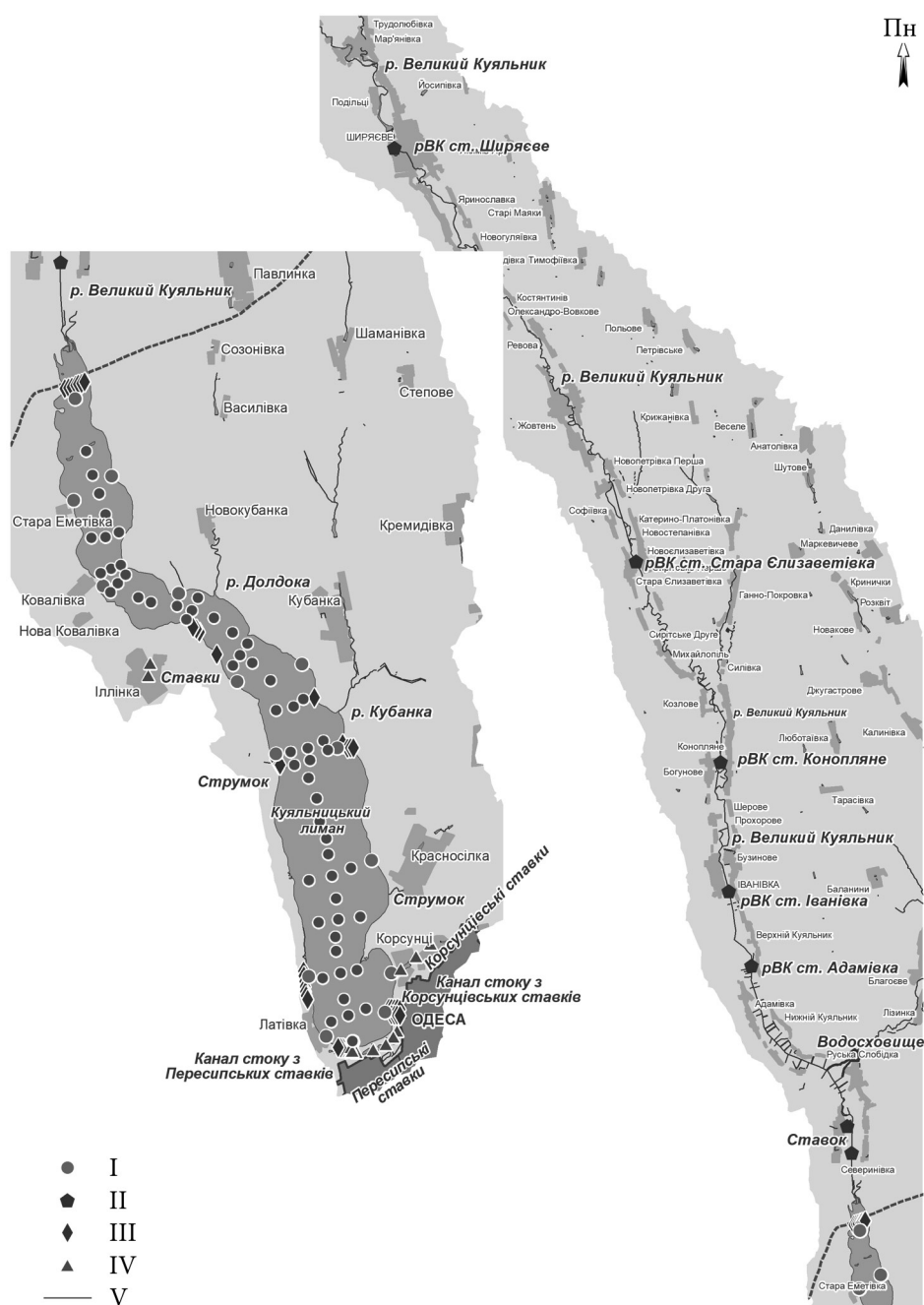


Рис. 1. Карта-схема водних об'єктів басейну Куяльницького лиману із зазначенням станцій відбору проб: I — акваторія лиману, II — русло р. Великий Куяльник, III — ефемерні водойми; IV — ставки; V — струмки.

За результатами гідрохімічних досліджень, у іонному складі поверхневих вод басейну Куяльницького лиману серед катіонів домінують іони натрію, рідше — магнію (р. Долдока, ставки з окол. с. Іллінка, водосхови-

ще на р. Кошкова), аніонів — хлорид- і сульфат-іони, рідше — гідрокарбонат-іони (водосховище). У досліджених водоймах концентрація біогенних елементів варіювала у дуже широких межах. Найбільший вміст амонійного азоту, а також нітритів та нітратів зареєстровано у Куяльницькому лимані, тоді як найвища концентрація неорганічного фосфору — у р. Великий Куяльник, ставках і каналах (табл. 1). Активна реакція середовища в усіх досліджених водоймах була подібною і варіювала від слабо кислої до лужної (рН = 6,2—9,2) (табл. 2). Значення солоності води, температури, рН і вміст неорганічних сполук азоту та фосфору наведено в таблицях 1 і 2.

За період багаторічних (2001—2018 рр.) досліджень альгофлори водних об'єктів басейну Куяльницького лиману виявлено 270 видів (274 внутрішньовидових таксонів) водоростей з 9 відділів, 15 класів, 35 порядків, 72 родин і 115 родів. Переважали представники відділу Bacillariophyta (58,8 % загальної кількості видів). Різноманіття Cyanoprokaryota і Chlorophyta нижче — відповідно 16,8 і 14,6 % видового складу. Менш суттєвий внесок до флори водоростей досліджених водних об'єктів басейну лиману належить Euglenophyta — 5,9 %, Charophyta — 2,6 % і Chrysophyta — 1,1 % загальної кількості видів та внутрішньовидових таксонів.

Зелені водорості 40 видів (45 внутрішньовидових таксонів) за кількістю поступаються діатомовим і синьозеленим. Їхнє різноманіття у водоймах басейну Куяльницького лиману у сучасний період визначають представники класів Chlorophyceae (22 види, або 55,0 % видового складу зелених водоростей) і Ulvophyceae (14 видів, або 35,0 %). Клас Trebouxiophyceae представлений лише двома видами. Найчисленнішим за кількістю видів є порядок Sphaeropleales (18 видів, або 45 %) (табл. 2). Серед родин переважають Scenedesmaceae (12 видів), Cladophoraceae (6), Ulvaceae та Hydrodictyaceae (по 5), що складають 70 % видового складу зелених

Таблиця 1

Концентрація біогенних елементів у водоймах басейну Куяльницького лиману

| Типи водних об'єктів | NH_4^+ , мг/дм ³ | NO_2^- , мг/дм ³ | NO_3^- , мг/дм ³ | PO_4^{3-} , мг/дм ³ |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|
| I | 0,72—68,91 | 0,006—0,670 | 0,05—12,10 | 0,02—2,78 |
| II | 0,31—4,89 | 0,002—0,060 | 0,05—1,20 | 0,02—8,30 |
| III | — | — | — | — |
| IV | 0,10—4,47 | 0,001—0,500 | 0,05—0,81 | 0,01—7,77 |
| V | 0,11—2,71 | 0,038—0,052 | 1,28—2,70 | 0,04—7,71 |
| VI | 0,10—4,89 | 0,006—0,500 | 0,05—1,45 | 0,29—7,77 |
| VII | 1,25—3,13 | 0,011—0,214 | 0,54—1,30 | 0,18 |

Примітка. Тут і в табл. 2: типи водних об'єктів: I — акваторія лиману; II — русло р. Великий Куяльник; III — ефемерні водойми; IV — ставки; V — струмки; VI — канали стоку з Пересипських і Корсунцівських ставків; VII — водосховище. «—» — дані відсутні.

Таблиця 2
Фізико-хімічні показники місцезростань та екологічні характеристики *Cladophora* і *Sargassum* водойм басейну Куяльницького лиману (за оригінальними і літературними даними)

| Види і внутрішньовидові таксони | Типи водних об'єктів (упорядковані) | Фізико-хімічні показники | | | Розподіл водоростей за відношенням до | | |
|---|--|--------------------------|---------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | | Т, °С | рН | солоність, ‰ | рН [2, 3, 13] | солоності [2, 3, 13] | вмісту органічних речовин [2, 3, 13] |
| <i>Cladophora fracta</i> (O. Müll. ex Vahl.) Kütz. | II, IV (пер) | 11–17 | 6,5–8,2 | 0,7–4,7 | alk | i | β (2,0) |
| <i>C. glomerata</i> (L.) Kütz. | II, IV (пер) | 11–21 | 6,5–8,2 | 0,8–2,7 | alk | mh | β (2,0) |
| <i>C. siwaschensis</i> C. Meyer | I ¹ , II, IV (пер) | 11–34 | 6,9–8,2 | 2,7–168,9 | alk | ph | — |
| <i>Cladophora</i> sp. | VI (пер) | 18–23 | 6,5–7,6 | 2,0–8,1 | — | — | — |
| <i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i> (C. Agardh) Kütz. | I, III, IV (бен, пер) | 0–26 | 6,5–8,4 | 1,0–160,8 | acb | hl | α – β (1,4) |
| <i>Rh. riparium</i> (Roth) Harvey (= <i>Rh. implexum</i> (Dillwyn) Kütz.) | I ² , III (бен, пер) | 7–26 | 7,1–8,6 | 12,6–160,8 | alk | ph | — |
| <i>Rh. tortuosum</i> (Dillwyn) Kütz. | I, III, IV, V (бен, пер) | 7–25 | 7,1–8,2 | 3,9–134,2 | alk | ph | — |
| <i>Rhizoclonium</i> sp. | III, VI (пер) | 22–30 | 7,2–9,1 | 1,1–164,8 | — | — | — |
| <i>Ulothrix implexa</i> (Kütz.) Kütz. | I ³ (бен) | 13–23 | 6,3–7,7 | 189,0–226,0 | alk | ph | — |
| <i>U. tenerrima</i> (Kütz.) Kütz. | II, VI (бен, пер) | 0–26 | 7,1–7,9 | 1,0–3,3 | alk | i | α – α (1,8) |
| <i>U. zonata</i> (Weber et Mohr) Kütz. | I ⁴ , III, V, VI (бен, пер) | 0–18 | 6,6–8,1 | 1,6–311,7 | ind | i | α – α (1,8) |

Продовження табл. 2

| Види і внутрішньовидові таксони | Типи водних об'єктів (групування) | Фізико-хімічні показники | | | Розподіл водоростей за відношенням до | | |
|--|---|--------------------------|---------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | | Т, °С | pH | солоність, ‰ | pH [2, 3, 13] | солоності [2, 3, 13] | вмісту органічних речовин [2, 3, 13] |
| <i>Ulothrix</i> sp. | I ⁵ , II, III, VI (бен, пер) | 0–18 | 7,1–8,3 | 1,4–305,9 | – | – | – |
| <i>Ulva clathrata</i> (Roth) C. Agardh | I ⁶ , V, VI (пер) | 12–30 | 7,3–7,7 | 3,2–339,1 | alk | ph | – |
| <i>U. compressa</i> L. | III, V, VI (пер) | 12–16 | 7,4–8,2 | 0,6–18,9 | alk | ph | – |
| <i>U. flexuosa</i> Wulf. | VI (пер) | 21 | 7,3 | 0,7 | alk | mh | – |
| <i>U. intestinalis</i> L. | I, II, V (бен, пер) | 9–26 | 6,7–7,7 | 1,9–280,6 | alb | ph | β–α (2,4) |
| <i>U. prolifera</i> O. Müll. | I ⁷ , VI (бен, пер) | 11–16 | 7,3–7,4 | 0,6–251,0 | alk | ph | – |
| <i>Ulva</i> sp. | VI (пер) | 21–23 | 6,5–7,6 | 2,4–8,1 | – | – | – |
| <i>Chlorella vulgaris</i> Beijer. | I ⁸ , II, III, IV, VI (пл) | 11–26 | 6,1–8,6 | 0,6–321,0 | alk | hl | ρ (4,5) |
| <i>Golenkiniopsis longispina</i> (Korschikov) Korschikov | IV (пл, бен) | 17 | 6,1 | 0,8 | alk | i | – |
| <i>Microglena monadina</i> Ehrenb. | II, III, IV (бен, пер) | 11–18 | 7,3–8,2 | 2,0–21,1 | ind | i | β (2,0) |
| <i>Chlamydomonas</i> sp. | III (бен) | 25 | 7,3 | 128,2 | – | – | – |
| <i>Dunaliella salina</i> (Dunal) Teodor. | I ⁹ , III (пл, бен, пер) | 12–36 | 6,9–8,3 | 5,4–325,5 | alk | ph | – |
| <i>D. viridis</i> Teodor. | I (пл, пер) | 25–26 | 7,3–7,4 | 233,0–235,0 | alk | mh | – |
| <i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korschikov) Bourr. | II (пл, бен) | 21 | 8,16 | 2,8 | alk | i | – |

Продовження табл. 2

| Види і внутрішньовидові таксони | Типи водних об'єктів (угруповання) | Фізико-хімічні показники | | | Розподіл водоростей за відношенням до | | |
|---|------------------------------------|--------------------------|---------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | | Т, °С | рН | солоність, ‰ | рН [2, 3, 13] | солоності [2, 3, 13] | вмісту органічних речовин [2, 3, 13] |
| <i>Laumastrium gracillimum</i> (West et G.S. West) H. Mc Manus | II, VII (пл) | 1–23 | 7,6–7,8 | 0,6–8,1 | — | I | — |
| <i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda | VII (пл, бен, пер) | 15 | 7,2 | 0,7 | — | hl | — |
| <i>Pediastrum duplex</i> Meyen | II, VII (пл, бен) | 15–23 | 7,2–7,6 | 0,7–8,1 | — | i | β (2,0) |
| <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Turpin) E. Hegew. | II (пл, бен, пер) | 11 | 8,2 | 2,7 | — | i | β (2,0) |
| <i>Tetraedron minimum</i> (A. Braun) Hansg. | II, IV, VI (пл, пер) | 0–6 | 7,2–8,8 | 1,6–2,8 | — | i | β (2,0) |
| <i>Hyaloraphidium contortum</i> Pascher et Korschikov | IV, VI (пл, бен, пер) | 21–23 | 7,3–8,1 | 0,7–1,0 | — | i | — |
| <i>Monorapidium irregulare</i> (G.M. Sm.) Komark.—Legn. | IV (пл) | 0–1 | 7,9–8,1 | 0,9–1,6 | — | i | — |
| <i>Desmodesmus armatus</i> (Chodat) E. Hegew. | II, IV (пл, бен) | 15–27 | 6,4–9,3 | 0,7–8,1 | — | hl | — |
| <i>D. communis</i> (E. Hegew.) E. Hegew. | II, IV (пл, бен) | 1–26 | 7,9–8,8 | 0,9–5,7 | — | i | β (2,0) |
| <i>D. intermedius</i> (Chodat) E. Hegew. | II, IV (пл, бен) | 1–26 | 8,1–8,8 | 1,0–5,7 | alk | hl | — |
| <i>D. microspina</i> (Chodat) P. Tsarenko | II (пер) | 22 | 8,8 | 5,7 | alk | i | — |
| <i>D. opoliensis</i> (P.G. Richter) E. Hegew. var. <i>mononensis</i> (Chodat) E. Hegew. | I, II, IV, VII (пл, пер) | 1–26 | 7,2–8,3 | 0,7–132,0 | alk | hl | β (2,0) |

Продовження табл. 2

| Види і внутрішньовидові таксони | Типи водних об'єктів (угруповання) | Фізико-хімічні показники | | | Розподіл водоростей за відношенням до | | |
|---|------------------------------------|--------------------------|-----------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | | Т, °С | pH | солоність, ‰ | pH [2, 3, 13] | солоності [2, 3, 13] | вмісту органічних речовин [2, 3, 13] |
| <i>D. oroliensis</i> var. <i>carinatus</i> (Lemmerm.) E. Hegew. | II (пл, пер) | 22 | 8,8 | 5,7 | — | i | — |
| <i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmerm.) Lemmerm. | IV (пл, пер) | 11—23 | 7,60—7,93 | 0,9—1,6 | alk | i | β (2,0) |
| <i>S. ellipticus</i> Corda | II (бен, пер) | 1 | 7,9—8,8 | 1,0—5,7 | alk | i | o—β (1,4) |
| <i>S. obtusus</i> Meyen | IV (пл, пер) | 11—13 | 7,5—7,9 | 1,6—1,8 | alk | hl | — |
| <i>Tetradesmus dimorphus</i> (Turpin) M.J. Wynne | II, IV (пл, бен, пер) | 1—15 | 6,4—8,8 | 1,0—5,7 | alk | i | o—β (1,4) |
| <i>T. obliquus</i> (Turpin) M.J. Wynne | IV, VI (пл, пер) | 17—26 | 7,3—7,9 | 0,6—1,9 | — | i | — |
| <i>Tetrastrum triangulare</i> (Chodat) Komárek | I ⁰ | 30—32 | 6,4—6,9 | 254,0—381,0 | — | i | — |
| <i>Mougeotia viridis</i> (Kütz.) Witttr. | IV (пер) | 11 | 8,2 | 2,7 | — | i | o (1,0) |
| <i>Spirogyra decimina</i> (O. Müll.) Dumort. | IV, VI (пл, пер) | 0—21 | 7,0—7,9 | 0,7—2,7 | alk | i | β—α (2,4) |
| <i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmerm.) Lemmerm. | IV (пл, пер) | 11—23 | 7,60—7,93 | 0,9—1,6 | alk | i | β (2,0) |
| <i>Closterium lunula</i> Ehrenb. et Hemprich ex Ralfs | II, VI (пл, пер) | 11—24 | 7,1—8,2 | 2,7—4,9 | alk | i | o (1,0) |
| <i>C. moniliferum</i> Ehrenb. ex Ralfs | VI (пл, пер) | 24 | 7,1 | 4,9 | alk | i | β (2,0) |

Продовження табл. 2

| Види і внутрішньовидові таксони | Типи водних об'єктів (угруповання) | Фізико-хімічні показники | | | Розподіл водоростей за відношенням до | | |
|---|------------------------------------|--------------------------|---------|--------------|---------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| | | Т, °С | рН | солоність, ‰ | рН [2, 3, 13] | солоності [2, 3, 13] | вмісту органічних речовин [2, 3, 13] |
| <i>Cosmarium margaritiferrum</i> Menegh. ex Ralfs | II (бен, пер) | 11 | 8,2 | 2,7 | alk | i | — |
| <i>C. phaseolus</i> Bréb. ex Ralfs | IV (пл) | 9–27 | 7,7–9,2 | 1,9–4,7 | — | i | — |
| <i>Chara vulgaris</i> L. | II, IV (бен) | 0–21 | 7,9–8,3 | 0,9–3,4 | alk | i | — |

Примітка. Типи водних об'єктів: I–VII — див. табл. 1; I¹ — крім того, в останні роки при сильному осолоненні води на вологих ґрунтах прибережної зони лиману; I² — крім того, на ґрунтах прибережної зони лиману; I³ — крім того, в осели на ґрунтах прибережної зони лиману; I⁴ — лише на ґрунтах прибережної зони лиману; I⁵ — лише на вологих ґрунтах у південно-східній частині узбережжя лиману; I⁶ — лише на вологих ґрунтах прибережної зони лиману; I⁷ — крім того, на вологих ґрунтах прибережної зони лиману; I⁸ — за оригінальними даними — на ґрунтах прибережної зони, за даними [7] — в акваторії південної частини лиману в період подачі морської води; I⁹ — крім того, при осолоненні води на вологих ґрунтах прибережної зони; I¹⁰ — лише на вологих ґрунтах північно-західної частини узбережжя лиману. Угруповання: пл — планктон; бен — бентос; пер — перифітон. Галобність: ph — полігалоб; mh — мезогалоб; hl — галофіл; i — індіферент. Відношення до рН середовища: alk — алкаліфіл; ind — індіферент; alb — алкаліобіонт; o — олігосапробіонт; o-β — оліго-бета-зосапробіонт; α — альфа-зосапробіонт; β-α — бета-альфа-зосапробіонт; aсb — ацидобіонт. Сапробність: β — бета-зосапробіонт; р — полісапробіонт; у дужках — індивідуальний індекс сапробності. «—» — дані відсутні.

водоростей, а на рівні родів — *Desmodesmus* (Chodat) An, Friedl & E. Hegew. і *Ulva* L. (по 6 видів), які об'єднують майже третину загальної кількості зелених водоростей водних об'єктів басейну лиману (див. табл. 2).

Серед Charophyta за сучасного періоду переважають представники класу Conjugatorphyceae (6 видів). Клас Charophyceae представлений лише одним видом — *Chara vulgaris* L. (= *Ch. foetida* A. Braun). Найчисленнішими за кількістю видів є порядок Desmidiiales (4), родини Closteriaceae, Desmidiaceae і Zygnemataceae (по 2 види) та роди *Closterium* Nitzsch ex Ralfs і *Cosmarium* Corda ex Ralfs (по 2 види) (див. табл. 2).

За літературними [4, 9–12] та оригінальними даними, за понад 150-річний період у водних об'єктах басейну Куяльницького лиману виявлено 53 види (56 ввт) Chlorophyta і 12 видів Charophyta. Співвідношення провідних за кількістю видів родин і родів Chlorophyta водних екотопів басейну лиману, виявлених за даними літератури за період 1867–2000 рр. і оригінальними даними за період 2001–2018 рр., представлено на рисунках 2 і 3.

До найпоширеніших видів водоростей водних об'єктів басейну Куяльницького лиману із відділу Chlorophyta у сучасний період належать *Ulva intestinalis*, *U. compressa*, *U. prolifera*, *Cladophora siwaschensis*, *Rhizoclonium hieroglyphicum* і *R. tortuosum*.

За приуроченістю до місцезростання переважали бентосні форми Chlorophyta і Charophyta. Частка планктонних форм Chlorophyta становила близько 18 %, а Charophyta — близько 14 %.

Слід зазначити, що для таких мілководних водойм, як Куяльницький лиман, розподіл на бентосні і планктонні форми є умовним, оскільки планктонні форми осідають на дно і ми спостерігаємо їх у бентосі.

За показниками солоності води в Куяльницькому лимані та ефемерних водоймах із представників Chlorophyta з відомою галобністю переважали полігалоби (відповідно 66,6 і 62,5 %) та індіференти (22,2 %), а у р. Великий Куяльник і ставках — індіференти (відповідно 60,0 і 55,6 %) і галофіли (відповідно 30,0 і 33,3 %).

Серед Charophyta у всіх досліджених прісних та солонуватих водоймах і водотоках басейну лиману (річки, ставки, канали стоку з Пересипських ставків, струмки) у сучасний період переважають індіференти. У Куяльницькому лимані представників Charophyta в цей період не виявлено.

Переважаання індіферентних видів, здатних розвиватися у широкому діапазоні солоності, віддзеркалює ступінь мінералізації водних об'єктів басейну Куяльницького лиману і узгоджується з розподілом видів за екотопічною приналежністю та підтверджує факт періодичного осолонення і розпріснення лиману. В той же час, у лимані наявні як ультрагалінні, так і прісноводні види водоростей.

Наймасовіші з полігалобів види — *Cladophora siwaschensis*, *Rhizoclonium riparium*, *Rh. tortuosum*, *Ulva clathrata*, *U. intestinalis*, *Dunaliella salina*, що узгоджується з даними для інших мінералізованих водойм [8].

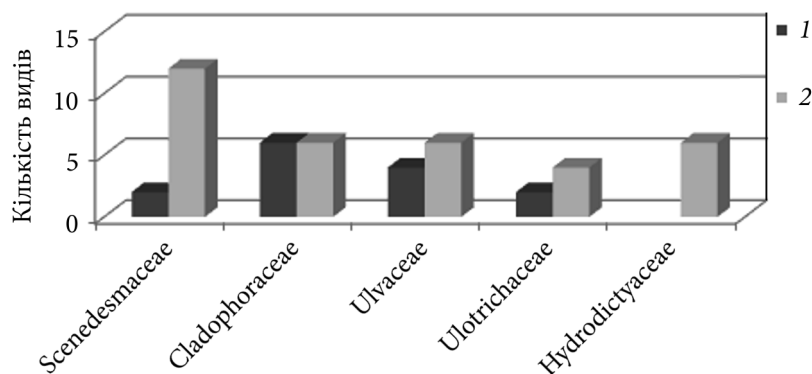


Рис. 2. Співвідношення провідних за кількістю видів родин Chlorophyta водних об'єктів басейну Куяльницького лиману за різних періодів досліджень. Тут і на рис 3: 1 — 1867—2000 рр. (за літературними даними); 2 — 2001—2018 рр. (за оригінальними даними)

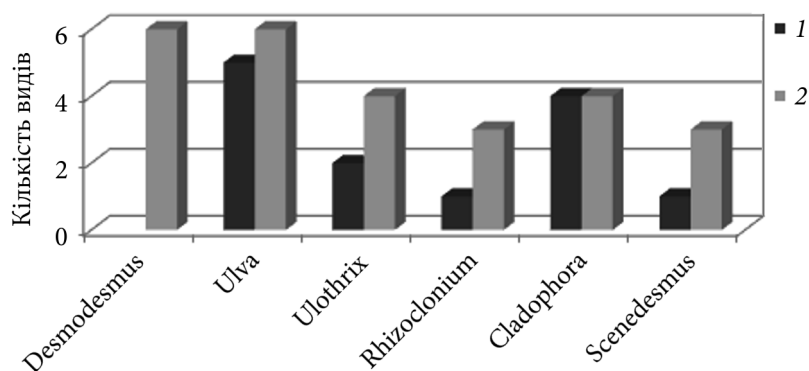


Рис. 3. Співвідношення провідних за кількістю видів родів Chlorophyta водних об'єктів басейну Куяльницького лиману за різних періодів досліджень

Серед індиферентів виявлені *Cladophora fracta*, *Ulothrix zonata* і *Microglena tonadina*. Деякі індиферентні за відношенням до солоності води види розвиваються, переважно, у прісних водоймах (*Ulothrix tenerrima*, *Sphaerocystis planctonica*, *Pediastrum duplex* та ін.) (див. табл. 2).

За відношенням до рН середовища серед Chlorophyta і Charophyta домінують алкаліфіли (відповідно 86,2 і 100 %). Індиференти серед Chlorophyta представлені двома видами, ацидобіонти і алкалібіонти — по одному виду.

За географічним поширенням водоростеві угруповання Chlorophyta і Charophyta гетерогенні. Основу їхнього сучасного флористичного списку складають «космополіти» — види з широким географічним поширенням (відповідно 30 і 7 видів, або 78,9 і 100 % видів зі з'ясованим географічним місцезнаходженням).

Значна частина Chlorophyta і Charophyta, виявлених у сучасний період у водних об'єктах басейну лиману, є індикаторами органічного забруднення води (див. табл. 2). У водних об'єктах басейну Куяльницького лиману серед Chlorophyta виявлено 16 видів — індикаторів сапробності (40,0 %), а серед Charophyta — 4 види — індикатори сапробності (57,1 %). Основна частина індикаторних видів Chlorophyta належить до β -мезосапробіонтів (56,3 %). Частка β — α -мезосапробіонтів становила — 6,3 %, α — β -мезосапробіонтів — 18,8, α — α -мезосапробіонтів — 12,5, а ρ -сапробіонтів — 6,3 %.

Серед Charophyta мешканці чистих вод — α -сапробіонти (два види) і помірно забруднених вод — β - та β — α -мезосапробіонти (два види) представлені однаковою кількістю видів.

Індекс сапробності у Куяльницькому лимані та ефемерних водоймах змінювався від 2,6 до 3,3, у р. Великий Куяльник, ставках, каналах стоку вод з Пересипських і Корсунцівських ставків, струмках і у водосховищі — від 2,1 до 2,4.

Розподіл Chlorophyta і Charophyta за результатами 2001—2018 рр. наступний: у складі альгофлори Куяльницького лиману зареєстровано 10 видів Chlorophyta, річок — 2 види Chlorophyta і 4 види Charophyta, Корсунцівських ставків — відповідно 8 і 3, Пересипських ставків — відповідно 16 і 2, ставків з околиць сіл Іллінка і Северинівка — по одному виду Charophyta; каналів стоку з Корсунцівських ставків — 2, з Пересипських ставків — 16 Chlorophyta і 3 види Charophyta, ефемерних водойм — відповідно 10 і 1, струмків і водосховища — по 4 види Chlorophyta (див. табл. 2).

Лише два види — *Rhizoclonium hieroglyphicum* і *Ulva intestinalis* були спільними для Куяльницького лиману (в період розпріснення) і його основних допливів (річок, каналів стоку зі ставків, струмків) і ефемерних водойм на літоралі узбережжя лиману.

Порівняльний аналіз видового складу альгофлори Chlorophyta і Charophyta лиману, його основних допливів (річки, струмки, канали стоку вод з Пересипських і Корсунцівських ставків) та суміжних з ним різнотипних водойм (ставки, ефемерні водойми) показує, що кожен з них характеризується досить своєрідним комплексом видів (див. табл. 2), що обумовлюється, в першу чергу, особливостями їхнього гідролого-гідрохімічного режиму і морфометричними характеристиками [15, 16, 18].

Найбільше різноманіття водоростей відділів Chlorophyta і Charophyta характерне для річок і ставків, найменше — виявлено у водосховищі і струмках (див. табл. 2), що пов'язано, вірогідно, з їхнім частим пересиханням внаслідок кліматичних змін [8], а звідси, і меншою вивченістю.

На ґрунтах узбережжя Куяльницького лиману в 2016—2018 рр. виявлено 10 видів Chlorophyta з 2 класів, 5 порядків, 6 родин і 7 родів. Спільними для солонців узбережжя лиману і його донних відкладів були 4 види Chlorophyta — *Cladophora siwaschensis*, *Rhizoclonium riparium*, *Ulothrix implexa* і *Dunaliella salina* (див. табл. 2).

У ґрунтових екотопах Куяльницького лиману серед виявлених Chlorophyta за відношенням до солоності води також переважають полігалоби (60 %), за відношенням до рН — алкаліфіли (70 %), а за географічним поширенням — космополіти (80 %).

Висновки

Результати проведених у 2001—2018 рр. досліджень доповнюють і уточнюють літературні дані щодо галобності, відношення до рН, температури та місць зростання 40 видів (45 ввт) Chlorophyta і 7 видів Charophyta гіпергалінного Куяльницького лиману, його основних допливів і суміжних з ним різнотипних водойм.

У планктоні Куяльницького лиману переважали представники родів *Dunaliella* і *Chlorella*, а у р. Великий Куяльник і ставках — представники родів *Desmodesmus* та *Sphaerocystis*. У бентосі та перифітоні основна роль належала представникам родів *Ulva*, *Ulothrix* і *Cladophora*.

За відношенням до солоності у водних і наземних екотопах басейну лиману домінували полігалоби і індіференти, до рН середовища — алкаліфіли, до температури води — евритермні та мезотермні організми.

Для деяких видів значення галобності і відношення до рН не співпадають з літературними даними [2, 3, 14] та доповнюють широту екологічної амплітуди конкретного виду.

Серед індикаторів сапробності переважали β -мезосапробіонти, вміст р-сапробіонтів невеликий, але їхній масовий розвиток вказує на забруднення водойм басейну лиману органічними сполуками, що підтверджується результатами гідрохімічних досліджень [19].

Головним чинником, що регулює видове різноманіття гіпергалінного Куяльницького лиману, є мінералізація води. На видове різноманіття впливають також його допливи, ефемерні водойми та прибережні території, які слугують резерватами водоростевих угруповань.

Серед макроводоростей найбільшою пластичністю характеризувались зелені водорості *Ulva compressa* та *Cladophora siwaschensis*, а серед мікроводоростей — *Dunaliella salina*.

Отримані результати сприятимуть у подальшому розробці нових підходів щодо прогнозу можливих змін водних екосистем аридних регіонів.

Список використаної літератури

1. Адобовский В.В., Шихалеева Г.Н. Трансформация параметров руслового стока в бассейне Куяльницкого лимана. Природно-ресурсный потенциал Куяльницкого и Хаджибейского лиманов, территории межлиманья: современное состояние, перспективы развития : материалы Всеукр. науч.-практ. конф. Одесса : ТЭС, 2015. С. 11—13.
2. Барінова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. Хайфа — Киев : Изд-во Хайф. ун-та, 2019. 367 с.
3. Барінова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив : Pil. Stud., 2006. 498 с.
4. Борисова Е.В., Ткаченко Ф.П. Материалы к флоре Charales Юго-Запада Украины. *Альгология*. 2008. Т. 18, № 3. С. 287—298.

5. Водоросли: Справочник / Под. общ. Ред. С.П. Вассера. Киев : Наук. думка, 1989. 608 с.
6. Гопченко Є.Д., Гриб О.М. Оцінка складових водного балансу Куяльницького лиману та визначення причин сучасного обміління. *Метеорологія і гідрологія*. 2010. Вип. 51. С. 200—215.
7. Дерезюк Н.В. Фітопланктон Куяльницького лиману у 2015—2017 рр. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. Т. 27, № 1—2. С. 52—61.
8. *Енциклопедія Куяльницького лиману*: у 8 т. / гол. ред. А.А.-А. Еннан; видавнича рада: Б.Є. Патон (голова), С.Р. Гриневецький (заст. голови), А.А.-А. Еннан [та ін.]; ФХІЗНСІЛ МОН і НАН України. Одеса, 2018. Т. 2: Водорості / Герасимюк В.П., Еннан А.А.-А., Шихалеева Г.М.; відп. ред. П.М. Царенко, А.А.-А. Еннан. Одеса : Астропринт, 2020. 448 с.
9. Масюк Н.П. Морфология, систематика, экология, географическое распространение рода *Dunaliella* Teod. и перспективы его практического использования. Киев : Наук. Думка, 1973. 244 с.
10. Погребняк И.И. Донная растительность лиманов Северо-Западного Причерноморья и сопредельных акваторий Черного моря : автореф. дис ... докт. биол. наук. Одесса, 1965. 31 с.
11. Розенгурт М.Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. Киев : Наук. думка, 1974. 221 с.
12. Ткаченко Ф.П. Макрофитобентос Одесских лиманов (Хаджибейского и Куяльницького) в условиях антропогенного влияния. 36. доп. наук.-практ. конф. «*Екологічні проблеми водних екосистем та забезпечення безпеки життєдіяльності на водному транспорті*». Одеса, 2001. С. 85—88.
13. Ткаченко Ф.П. Макрофитобентос Північно-Західної частини Чорного моря (флора, розповсюдження, екологія, перспективи практичного використання) : автореф. дис. ... докт. біол. наук. Київ, 2007. 35 с.
14. Унифицированные методы исследования качества вод. Ч. 3. Методы биологического анализа. Приложение 2. Атлас сапробных организмов. Москва : Секретариат СЭВ, 1977. 228 с.
15. Шихалеева Г.Н., Эннан А.А., Чурсина О.Д. и др. Многолетняя динамика водно-солевого режима Куяльницького лимана. *Вісн. Одес. нац.ун-ту. Хімія*. 2013. Т. 18. Вип. 3 (47). С. 67—78.
16. Шихалеева Г.М., Герасимюк В.П., Кірюшкіна Г.М. Резистентність і пластичність водоростей до умов солоності на прикладі Куяльницького лиману та ефемерних водойм його узбережжя. Матеріали XIV з'їзду Українського ботанічного т-ва (м. Київ, 25—26 квітня 2017). Київ, 2017. С. 119.
17. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовский В.В. и др. Деградация водной экосистемы Куяльницького лимана и пути ее восстановления. *Причерномор. екол. бюл.* (Одеса). 2012. № 1 (43). С. 75—85.
18. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Сизо А.В., Бабинец С.К. Оценка качества воды Куяльницького лимана по комплексу гидрохимических показателей с применением геоинформационных систем. *Вестн. ОНУ. Сер. Химия*. 2010. Т.15. Вип. 13. С. 61—71.
19. Эннан А.А., Шихалеева Г.Н., Шихалеев И.И. и др. Причины и последствия деградации Куяльницького лимана (Северо-Западное Причерноморье, Украина). *Там же*. 2014. Т. 19. Вип. 3 (51). С. 60—69.
20. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography* / Ed. by P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Ruggell : Gantner Verlag, 2006. Vol. 1. 713 p.; 2009. Vol. 2. 413 p.; 2011. Vol. 3. 510 p.; 2014. Vol. 4. 703 p.
21. Gerasimyuk V.P., Shikhaleyeva G.M., Ennan A.A. et al. Algae of ponds of the Kuyalnik estuary coast (North-Western Black Sea, Ukraine). *Intern. J. Algae*. 2018. Vol. 28, N 4. P. 393—408.
22. Shikhaleyeva G.N, Gerasimiuk V.P., Kiryushkina A.N. et al. Algofloristic studies of the Kuyalnik estuary and temporary water bodies of its vicinities (Northwestern black sea coast, Ukraine). *Ibid.* 2017. Vol. 19, N 3. P. 195—214.

23. Sladeček V. System of water quality from the biological point of view. *Ergebnisse der Limnol.* 1973. Vol. 7. P. 1—128

24. Tsarenko P.M., Ennan A.A., Shikhaleyeva G.N. et al. Cyanoprokaryota of the Kuyalnik Estuary (Ukraine). *Inter. J. Algae.* 2016. Vol. 18, N 4. P. 337—352.

Надійшла 12.04.2022

G.M. Shikhaleyeva, PhD (Chem.), Leading Researcher,
Physical and Chemical Institute for Environment and Human Protection
of MES of Ukraine and NAS of Ukraine,
Preobrazhenska Str., 3, Odesa, 65082, Ukraine
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net
ORCID 0000-0002-1475-4415

A.A.-A. Ennan, Dr. (Chem.), Prof., Director,
Physical and Chemical Institute for Environment and Human Protection of MES of
Ukraine and NAS of Ukraine,
Preobrazhenska Str., 3, Odesa, 65082, Ukraine
e-mail: eksvar@ukr.net
ORCID 0000-0003-4578-7858

P. M. Tsarenko, Dr. (Biol.), Prof., Corresponding Member NAS of Ukraine,
Leading Researcher¹, Head of Department²

¹ Physical and Chemical Institute for
Environment and Human Protection of MES of Ukraine and NAS of Ukraine,
Preobrazhenska Str., 3, Odesa, 65082, Ukraine

² M.G. Kholodny Institute of Botany of NAS of Ukraine,
Tereshchenkivska Str., 2, Kyiv 01004, Ukraine

e-mail: ptsar.@ukr.net
ORCID 0000-0003-0711-8573

G.M. Kiryushkina, Senior Researcher,
Physical and Chemical Institute for Environment and Human Protection of MES of
Ukraine and NAS of Ukraine,
Preobrazhenska Str., 3, Odesa, 65082, Ukraine
e-mail: i.l.monitoring@ukr.net
ORCID 0000-0003-4445-9879

TAXONOMIC DIVERSITY AND ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF CHLOROPHYTA AND CHAROPHYTA OF THE KUYALNYK ESTUARY BASIN RESERVOIRS (UKRAINE, NORTH— WESTERN BLACK SEA COAST)

The results of the analysis of original data (2001—2018) on ecology and biogeographic rose subdivision of 45 taxa in the species rank of Chlorophyta from the orders Cladophorales (8), Ulothrichales (4), Ulvales (6), Chlorellales (1), Chlamydomonadales (6) and Sphaeropleales (20) and 7 species of Charophyta from the order of Zygnematales (2), Desmidiiales (4) and Charales (1) of the hyperhaline Kuyalnyk Estuary, and of the main supplementary waters and various types of water bodies on the territory of the coast near 2 km of the water protection zone.

For each species are given temperature, salinity, pH, saprobic index, the content of biogenic compounds of nitrogen and phosphorus groups at which it is species is found, as well as data on geographical distribution. In the hyperhaline Kuyalnyk Estuary the concentration of nutrients (nitrogen and phosphorus) was high in all periods of water. Increasing water mineralization to 200—320 ‰ led to depletion of species diversity, changes in the structure of algae groups and to the predominance of species of the genus *Dunaliella* (Chlorophyta).

Keywords: ecology, geography, diversity, Chlorophyta, Charophyta, Kuyalnyk Estuary.