

УДК 581.526.325 (574.622)

Н. В. ДЕРЕЗІЮК

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

пров. Маяковського 7, м. Одеса, 65082, Україна

E-mail: n.derezyuk@onu.edu.ua

<https://orcid.org/0000-0003-1418-0981>

БАГАТОРІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОПУЛЯЦІЙ ФІТОПЛАНКТОНУ ВЛІТКУ НА АКВАТОРІЇ ДНІСТРОВСЬКОГО ЛИМАНУ (2003-2018 РР.)

Мета. Порівняння багаторічних даних за видовим складом, різноманітністю і кількісними показниками фітопланктону, який розвивався щоліта в Дністровському лимані. Особливу увагу приділено розвитку небезпечних (або потенційно токсичних) видів фітопланктону, які здатні погіршувати якість води і загрожують існуванню гідробіонтів. **Методи.** Використали матеріали, зібрані на 22 екологічних станціях Дністровського лиману (456 зразків). Збір та аналіз зразків фітопланктону здійснювали за стандартними методами. Консервація зразків здійснювалась з використанням формаліну. Для обробки зразків використовували мікроскопи HUND-H600 та OLIMPUS-BH2. Систематику мікроводоростей і ціанобактерій застосовано у відповідності до стандартів міжнародних баз. **Результати.** За 16-річний період досліджень було зареєстровано 445 видів, що належали до 13 таксономічних відділів/класів фітопланктону. У 4 головних таксонів мінімум видів був зареєстрований в 2004 р. і 2016 р. Максимальну кількість видів зелених водоростей спостерігали у 2012 р. (75); а максимуми діатомових водоростей (53), динофітових водоростей (19) та ціанобактерій (33) фіксували у 2014 р. Найбільшою видовою різноманітністю відрізнялися північна та південна частини лиману (індекс Шенону = 4,6-4,4 біт·кл⁻¹), тобто райони змішування флори різного походження. Діапазон змін максимальної біомаси фітопланктону, що реєстрували протягом 16 років, був від 2,5 г·м⁻³ (2010 р.) до 231,2 г·м⁻³ (2018 р.). **Висновки.** Простежується певна 12-річна циклічність в поступовій зміні кількості видів і індексу Шенону у головних таксонах фітопланктону. В останні роки також простежується тенденція до збільшення сумарної біомаси мікроводоростей та ціанобактерій, що призводило до погіршення якості води до оцінки "забруднена" або "гранично брудна" (згідно з національними стандартами).

Ключові слова: біорізноманіття, індекс Шенону, біомаса, цвітіння, якість води

Dereziuk N.V.

Odessa National I. I. Mechnikov University, Odessa, Ukraine

MULTI-YEAR STUDY OF PHYTOPLANKTON POPULATION IN THE DNISTROVSKIY ESTUARY IN SUMMER (2003-2018)

Purpose. Comparison of multi-year data on species composition, biodiversity and quantitative variables of phytoplankton that developed in the Dnistrovskiy Estuary every summer. Particular attention was focused on the development of potentially dangerous (toxic) species, which can deteriorate quality of water and threaten hydrobionts' existence. **Methods.** The data used in the phytoplankton study have been collected from 22 stations in the Dnistrovskiy Estuary (456 samples). Phytoplankton sampling and analyses were carried out using standard methodologies. Nageotta и Sedgewick cameras (0,05 and 1 ml) were applied to count cell number. The samples were preserved using formalin. HUND-H600 and OLIMPUS-BH2 microscopes were used for sample analyses. Classification of microalgae and Cyanobacteria was done according to the standards of the international database. **Results.** The total number of species registered during 16 years exceeded 445 (13 taxa) out of which 54 are generally classified as potentially harmful species (genera Dolichospermum, Aphanizomenon, Microcystis, Cyclotella, Pseudo-nitzschia, Peridinium, Prorocentrum etc.). Minimum record of species number within 4 main taxa was in 2004 and 2016. Maximum number of species of Chlorophyta (75) was observed in 2012, and maximum of Bacillariophyta (53), Dinophyta (19) and Cyanobacteria (33) was in 2014. Northern and middle part of the estuary had the highest species diversity (Shannon index = 4.6 – 4.4 bit·cells⁻¹) i.e. the areas where flora of various geneses mixed. Over the years, number of species and α -diversity of phytoplankton tend to increase in the north and in the centre of the estuary. The range of changes of maximum values of microalgae biomass during 16-year period was from 2.5 g·m⁻³ (2010) to 231.2 g·m⁻³ (2018). Algal blooms were recorded with Bacillariophyceae and Cyanobacteria as dominants. **Conclusions.** There is a certain 12-year periodicity in gradual changes in the number of species and Shannon index within the main phytoplankton taxa. Recent years' trends toward increase in the total biomass of microalgae and Cyanobacteria have been traced as well, the consequence of such an increase being deterioration of water quality which has downgraded to "polluted" or "extremely polluted" in those regions (as per national standards).

Key words: biodiversity, Shannon index, biomass, blooms, water quality

Дерезюк Н. В.

Одеський Національний університет імені І. І. Мечникова

МНОГОЛЕТНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ ФИТОПЛАНКТОНА ЛЕТОМ НА АКВАТОРИИ ДНЕСТРОВСКОГО ЛИМАНА (2003-2018 ГГ.)

Цель. Сравнение многолетних данных по видовому составу, разнообразию и количественным характеристикам фитопланктона, который развивался каждое лето в Днестровском лимане. Особо внимание уделяли группе "вредных" (или потенциально токсичных) видов. **Методы.** Использовали материалы, собранные на 22 экологических станциях Днестровского лимана (456 проб). Сбор и анализ проб фитопланктона выполняли стандартными методами. Консервация образцов осуществлялась с использованием формалина. Для обработки проб использовались микроскопы HUND-H600 и OLIMPUS-BH2. Систематика микроводорослей и цианобактерий приведена в соответствии со стандартами международных баз. **Результаты.** За 16-летний период исследований было зарегистрировано 445 видов, принадлежащих 13 таксономическим отделам фитопланктона. У 4 главных таксонов минимум видов был зарегистрирован в 2004 г. и 2016 г. Максимальное количество видов зеленых водорослей наблюдали в 2012 г. (75); а максимумы диатомовых водорослей (53), динофитовых (19) и цианобактерий (33) зафиксировали в 2014 г. Наибольшим видовым разнообразием отличались северная и южная части лимана (индекс Шеннона = $4,6-4,4 \text{ bit} \cdot \text{кл}^{-1}$), т.е. районы смешивания флоры различного генезиса. Диапазон изменений максимальной биомассы фитопланктона, которую регистрировали в течение 16 лет, был от $2,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2010 г.) до $231,2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2018 г.). **Выводы.** Прослеживается определенная 12-летняя цикличность в постепенном изменении количества видов и индекса Шеннона у основных таксонов фитопланктона. В последние годы также наблюдается тенденция к увеличению суммарной биомассы микроводорослей и цианобактерий, что приводит к ухудшению качества воды до оценки "загрязненная" или "предельно грязная" (согласно национальным стандартам).

Ключевые слова: биоразнообразие, индекс Шеннона, биомасса, цветение, качество воды

Вступ

Влітку інтенсивний розвиток мікроводорослей забарвлює дністровську воду до зеленого або брунатного кольору, а бурхливе розмноження ціанобактерій викликає формування блакитних плівок на плесі лиману, що дозволяє пересічному спостерігачеві своєчасно оцінити якість води та її придатність до споживання. Невеликі глибини лиману та повільна течія сприяють розповсюдженню річкової альгофлори по всій акваторії та її потужного цвітіння на північній частині в умовах швидкого прогрівання усієї товщі води влітку. На південній частині лиману через проникнення морської води з протоки створюються інші загрози – цвітіння солонуватоводного планктону та ймовірно потрапляння потенційно небезпечних або токсичних мікроводорослей морського походження.

Дністровський лиман, який активно використовують для риболовства, забору води, рекреації та ін., є доволі складним об'єктом для екологічного менеджменту в Одеській області. Найбільші проблеми у природокористуванні створюють погіршення якості води, зменшення обсягу річкового стоку, зарегулювання через систему водосховищ, збільшення влітку рівня антропогенного забруднення. Екологічний статус лиману ("перехідні" води), згідно з класифікацією Водної Рамкової

Директиви ЄС (ВРД) [1], викликає певні вимоги до досліджень фітопланктону, головним чином – реєстрація частоти цвітіння та інтенсивності вегетації мікроводорослей. В липні 2003 р. фахівці Регіонального центру інтегрованого моніторингу і екологічних досліджень Одеського національного університету ім. І.І.Мечникова (РЦІМ ОНУ) розпочали регулярні щорічні дослідження на акваторії лиману, до яких входило вивчення складу та кількісних характеристик фітопланктону. До 2009 р. обстеження виконували навесні, влітку та восени, результати цих робіт були оприлюднені на численних конференціях та зборах [2 – 9]. Було зроблено висновок про те, що найбільші загрози екосистемі лиману завдаються влітку внаслідок формування локальних ділянок цвітіння фітопланктону поблизу містечок та численних зон рекреації (м. Білгород-Дністровський, м. Овідіополь, с. Роксолани, с. Затока) [10 – 12].

Метою роботи було порівняння багаторічних даних за видовим складом, різноманітністю та кількісними показниками фітопланктону, який розвивався щоліта у Дністровському лимані. Особливу увагу було приділено розвитку шкідливих або потенційно токсичних видів фітопланктону, які здатні погіршувати якість води та загрожують існу-

ванню гідробіонтів [13 – 15]. Підґрунтям слугував великий обсяг планктонних матеріалів, які були зібрані співробітниками РЦІМ

ОНУ впродовж експедиційних спостережень у 2003 – 2018 рр.

Методи дослідження

Для вивчення фітопланктону використано матеріали, що зібрані на 22 станціях Дністровського лиману (0 м – дно) впродовж 2–5 днів у липні в 2003 – 2018 рр. (456 зразків води). Глибина води на досліджених станціях в лимані становила 1,1 – 4,5 м. Щорічно температура води на поверхні сягала 21,8 °С – 26,8 °С, у придонних шарах – від 24 °С до 27 °С, прозорість змінювалась в інтервалі 0,1 – 1,8 м [2, 3]. Згущення відібраних зразків води здійснювали фільтраційним методом з використанням ядерних мембран (діаметр пор 1,5 – 2 мкм) або седиментаційним методом після 3-тижневого відстоювання [16]. Консервацію зразків здійснювали за допомогою формаліну (1 % розчин). Для обробки проб використовували мікроскопи HUND – H600 та OLIMPUS – BH2. Підраху-

нок дрібних видів нанопланктону виконано в камері Nageotta об'ємом 0,05 мл, а підрахунок великих клітин водоростей – в камері Sedgewick (1 – 2 мл). При визначенні величини сирової біомаси відносна щільність клітини водорості прийнята за 1,0 – 1,05 [16]. Розрахунок формалізованої величини видової різноманітності популяцій фітопланктону виконували по формулі Шенону [9]. Систематика мікроводоростей і ціанобактерій надана у відповідності до стандартів міжнародних баз даних [17, 18], виділення певних видів в групу потенційно небезпечних зробили згідно досліджень вітчизняних і закордонних фахівців [18, 19]. Якість води оцінювали згідно до положень Водної Рамкової Директиви ЄС («Фітопланктон») та за стандартами національної класифікації [1, 19].

Результати досліджень та обговорення

Експедиційні роботи в липні 2003 – 2018 рр. на акваторії лиману проведено в періоди найбільшого розвитку фітопланктону [4, 10], яким притаманні дуже великі значення видової різноманітності, сумарної чисельності та біомаси популяцій.

За 16-річний період досліджень було зареєстровано 445 видів, що належали 13 таксономічним відділам/класам водоростей та ціанобактерій: Зелені – Chlorophyta (160 видів), Діатомові – Bacillariophyta (111 видів), Ціанобактерії – Cyanobacteria (66 видів), Динофітові – Dinophyta (44 види), Евгленові – Euglenophyceae (18 видів), Харові – Charophyta (26 видів), Золотисті – Chrysophyceae (7 видів), Примнезієві – Prymnesiophyceae (6 видів), Кріптофітові – Cryptophyta (3 види), Діктіохові – Dictyochophyceae (2 види), Сінурові – Synurophyceae (1 вид), Ксантофітові – Xanthophyceae (1 вид).

Найбагатшими родами, які незмінно спостерігали щоліта, серед зелених водоростей були р. Scenedesmus, серед діатомових водоростей – р. Nitzschia, ціанобактерій – рр. Dolichospermum і Microcystis, дінофітових – р. Protoperidinium, евгленових – р. Euglena.

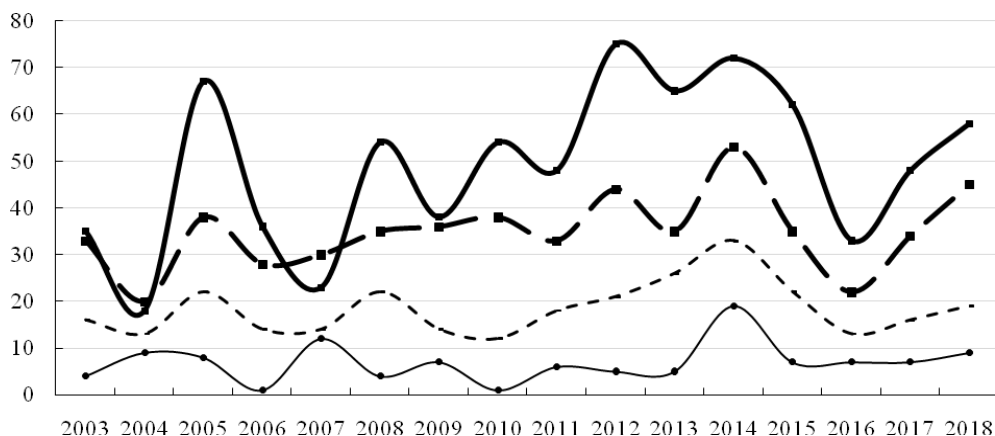
У північній частині лиману розвивався прісноводний планктон: переважно зелені рр. Heleochloris, Monoraphidium, Scenedesmus, Schroederia; численні діатомові рр. Cyclotella, Pseudonitzschia, Skeletonema, Synedra; евгленові рр. Astasia, Euglena, Phacus та ціанобактерії рр. Dolichospermum, Aphanizomenon, Microcystis. У середній та південній частинах видовий склад був доповнений солонуватоводними і суто морськими видами (діатомові і дінофітові водорості), що визначалося гідродинамікою районів [2, 3, 9]. Прісноводні дінофітові види (*Glochidinium penardiforme* Bolt., *Peridinium aciculiferum* Lemm., *Peridinium penardii* Bourr., *Peridinium umbonatum* Stein.) реєстрували в північній та середній частинах лиману, а морські дінофіти знаходили лише на півдні (*Tripos furca*, *Diplopsalis lenticula* Bergh., *Gymnodinium wulffii* Sch., *Lyngulodinium polyedrum* (St.) Dodge, *Prorocentrum cordatum* (Osten.) Dodge, *Pr. scutellum* Schr. та ін.).

У складі діатомових водоростей клітини р. Attheya реєстрували лише в 2006 р., 2007, 2011, 2012, 2014, 2015 р. В 2004 – 2005 рр. водорості рр. Closterium,

Cosmarium, *Staurastrum* (Десмідієві) на акваторії лиману були відсутні, а в 2015 р. було знайдено максимальне число десмідієвих видів (14). Ксантофітові водорості (р. *Bumilleriopsis*) епізодично фіксували в 2014, 2015, 2018 рр., а сінурові водорості – в 2008 р. Примнезієві і криптофітові види (наприклад, *Emiliania huxleyi* Hay et M. і *Leucocryptos marina* Butc.) відмічали епізодично в зразках води на півдні лиману. Ці та інші

факти появи окремих видів потребують додаткових досліджень та можуть бути пов'язані або з гідрохімічними та гідродинамічними умовами [2, 3], або з довгостроковими змінами у структурі самого фітопланктону.

За 16-річний період в зразках води Дністровського лиману знаходили від 6 видів (2005 р.) до 62 видів (2012 р., 2015 р.). Сумарна кількість видів 4 домінантних таксонів наведена на рис. 1.



— Зелені водорості, — — — Діатомові, — Ціанобактерії, Динофіти
Рис. 1 – Кількість видів в головних популяціях фітопланктону влітку в 2003–2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману

В липні 2004 р. у складі головних популяцій фітопланктону була зареєстрована найменша сумарна кількість видів (60), при майже рівних частках серед головних таксонів. Впродовж наступних 8 років сума видів поступово збільшувалася при сталому домінуванні зелених водоростей. Загальна кількість видів усіх таксонів (на центральній частині) становила в 2012 р. 110 видів, проте влітку 2013 року спостерігали незначне зменшення кількості видів до 99. Але у 2014 р. було зафіксовано збільшення загальної кількості видів до 145. Причиною цього було проникнення морських водних мас через Цареградське гирло, які принесли в угруповання фітопланктону специфічні види. Другий мінімум всіх видів був зафіксований в липні 2016 р. (75), а в 2017 – 2018 рр. сумарна кількість видів домінантних таксонів знову сягала 105 – 131.

Зменшення кількості зелених водоростей в 2006 р. (до 23) було пов'язано з потужним впливом морської води на південну

та середню частини лиману, доказом цього слугував помітний розвиток морських динофітових водоростей. Максимуми кількості видів зелених водоростей спостерігали у 2012 – 2014 рр. (65 – 75 видів). Крім цього, у 2014 р. зафіксували максимальну (за 16 років) кількість діатомових, динофітових водоростей і ціанобактерій (53, 19 і 33 відповідно) [7, 12]. Слід припустити існування певної 12 - річної циклічності у поступових змінах кількості видів в головних популяціях фітопланктону (рис. 1).

Особливо відзначено, що в загальному списку фітопланктону знайдено 54 види, які віднесено до групи шкідливих водоростей і які здатні сягати рівня цвітіння [13 – 15]:

- Ціанобактерії – 20 видів, переважно рр. *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*;
- Динофітові водорості – 13 видів, морські рр. *Peridinium* та *Prorocentrum*;
- Діатомові водорості – 12 видів, переважно рр. *Cyclotella* та *Pseudo-nitzschia*;

- Харові водорості – 2 види (*Mougeotia* spp., *Spirogyra* spp.);
- Зелені водорості – 2 види (*Coelastrum microporum* Nag., *Desmodesmus communis* (Heg.) Hegew.);
- Примнезієві – 2 види (*Emiliania huxleyi* (Lohm.) Hay, *Phaeocystis pouchetii* (Hariot) Lager.);
- Евгленові водорості – 1 вид (*Eutreptia lanowii* Steuer);
- Золотисті водорості – 1 вид (*Dinobryon balticum* (Sch.) Lemm.);
- Діктіохові водорості – 1 вид (*Dictyocha speculum* Ehr.).

Найбільшу загрозу для нормального функціонування біоти створювали ціанобактерії та діатомові водорості, що їх виносило з р. Дністер. Активну вегетацію цих видів на рівні цвітіння фіксували щорічно впродовж 16 років. Діатомові водорості та ціанобактерії в періоди цвітіння продукують токсичні речовини, котрі впливають на природний розвиток іхтіопланктону, зоопланктону і бентосних організмів, і які могли викликати, або викликали локальні замори риби і бентосу, що значно погіршувало якість води на ділянках рекреації [8]. Шкідливі морські дінофітові водорості не отримували в лимані переваги в розвитку, тому їх незначне потрапляння в південну частину імовірно не загрожувало біоті лиману.

Лише одного разу в 2005 р. на середній частині лиману в придонних шарах зафіксували суттєве скупчення шкідливих харових водоростей *Spirogyra* spp. У тому ж районі тільки в 2018 р. реєстрували масовий розвиток *Desmodesmus communis*, в інші роки вид не досягав великої щільності. Фа-

ктів загрозливого цвітіння інших, крім згаданих, потенційно токсичних видів харових, зелених, примнезієвих, евгленових, золотистих та діктіохових водоростей впродовж періоду досліджень не було виявлено, але спостереження 2006 – 2008 рр. довели, що деякі шкідливі водорості здатні бурхливо розмножуватися і восени.

Дослідження щільності потенційно небезпечних водоростей, тобто діатомових водоростей та ціанобактерій, дало змогу зробити висновок про істотне збільшення частоти та рівня їх цвітіння протягом останніх років. На рис. 2 відображено найбільші величини чисельності цвітіння, які були зареєстровані на акваторії лиману. В 2003–2013 рр. рівень масового цвітіння діатомових водоростей та ціанобактерій коливався від $26 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ до $440 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$. Значне збільшення сумарної чисельності ($3070 \text{ кл.} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$) шкідливих видів спостерігали з 2014 р., головним чином за рахунок бурхливого розвитку ціанобактерій.

Видовий склад і щільність водоростей на поверхні і в придонних шарах лиману були майже однаковими. У донних пробах води частіше реєстрували бенто-планктонні і перифітонні види. Інформація, що наведена далі, стосується тільки поверхневого фітопланктону.

За 16-річний період досліджень було порівняно величини α -різноманітності (видової різноманітності) фітопланктону по індексу Шенону, якій поєднує чисельність кожного виду відносно всієї популяції мікрородоводоростей (рис. 3).

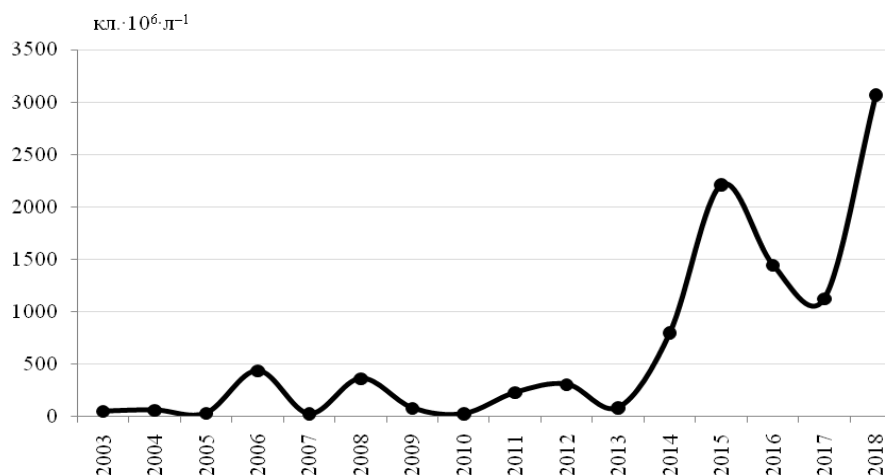


Рис. 2 – Максимальна сумарна чисельність шкідливих видів фітопланктону влітку в 2003–2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману



Рис. 3 – Максимальний індекс Шенону у поверхневих шарах Дністровського лиману влітку 2003 – 2018 рр.

По всьому лиману мінімальну різноманітність угруповань спостерігали у 2004 р. і 2016 р. ($0,4 - 0,6 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$). Найбільші індекси Шенону на північній частині реєстрували у 2008 р. ($3,8 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$), у 2010 р. – $4,6 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$ при сумісному розвитку маси зелених і діатомових видів, а також у 2013 – 2014 рр. ($3,9 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$).

На середній частині лиману максимальні величини індексу відзначали у 2010 – 2012 рр. ($4,1 - 4,4 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$), і 2018 р. ($4,0 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$), що було пов'язано з одночасним розвитком прісноводних і морських видів. На півдні лиману найбільша різноманітність була зафіксована в 2005 р. – $3,8 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$ – несуттєво більша, ніж в двох інших районах, а також у 2008 р., 2010 р., 2012 р. ($3,7, 3,8, 3,4 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$ відповідно).

Попуски дністровської води з водосховища, або дощі перед початком експедиційних робіт, як у 2005 р., 2008 р., 2012 р., сприяли збільшенню кількості видів водоростей та різноманітності фітопланктону. Майже за всі роки спостережень найбільшою різноманітністю відрізнялися північна та середня частини лиману, тобто райони змішування вод різного походження. За багато років простежується тенденція до збільшення α - різноманітності в популяціях фітопланктону на півночі та у центрі лиману, але на південній частині спостерігається зменшення видової різноманітності популяцій.

Так само, як за видовим складом, так і за кількісними характеристиками, фітопла-

нктон відрізнявся на 3 частинах лиману (рис. 4). Інтервал коливань максимальних величин біомаси мікрowodоростей, що спостерігали впродовж 16 років, становив від $2,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2010 р.) до $231,2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2018 р.).

Максимальну біомасу фітопланктону частіше реєстрували на ділянках, які були розташовані поблизу населених пунктів і традиційних зон рекреації, схильних до евтрофікації внаслідок антропогенного впливу: с. Миколаївка, м. Овідіополь, с. Роксолани (Калаглія), с. Сухолуж'є (Нове), м. Білгород-Дністровський, с. Шабо, с. Затока – середня та південна частини лиману. Проте, лише у 2018 р. на північній акваторії зафіксували максимальну для всього періоду досліджень величину – під час сумісного розвитку великих клітин діатомових, дрібних клітин зелених і евгленових водоростей і маси колоній нитчастих ціанобактерій.

Цвітіння фітопланктону, коли сумарна біомаса перевищує $50 - 100 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$, спостерігали переважно на середній і південній частинах лиману (рис. 4). В 2003 р. рівня цвітіння сягали діатомові водорості, а у 2007 р. максимум біомаси створювали ціанобактерії. З 2009 р. цвітіння почастішали і також були створені комплексом "діатомеї – ціанобактерії". Масовий розвиток цих видів визначав трофічний статус вод лиману (від евтрофних на півночі до гіпертрофних на півдні) [4–6], що може слугувати підґрунтям для менеджменту природокористування.

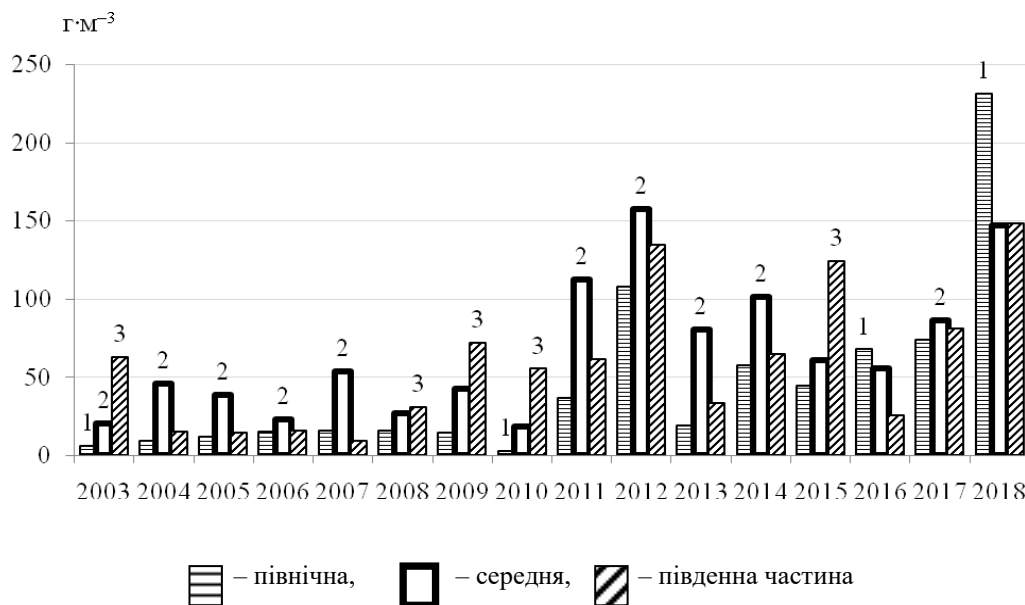


Рис. 4 – Максимальні величини сумарної біомаси фітопланктону, зареєстровані влітку в 2003 – 2018 рр. у поверхневих шарах Дністровського лиману

В 2016 р. максимальна величина біомаси фітопланктону на півночі ледве сягала рівня цвітіння ($67,6 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$), та несуттєво перевищувала значення біомаси в сусідніх частинах за рахунок розвитку маси дрібного діатомового планктону і ціанобактерій, що поступово скочувалися до півдня вслід за повільною течією. У 2017 р. при домінуванні того ж самого комплексу видів рівень цвітіння трохи збільшувався по всій акваторії до $70 - 80 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$. В 2018 р. на середині та на півдні лиману сумісний розвиток численних *Cyclotella*, *Limnithrix planktonica* (Wolosz.) Meff. і *Spirulina laxissima* W. створював бурхливе цвітіння (до $150 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$).

Дослідження фітопланктону у 2003 – 2018 рр. на акваторії лиману проведені в періоди літнього максимуму розвитку [4, 10], якому притаманні дуже великі значення видової різноманітності, сумарної чисельності та біомаси популяцій.

За 16-річний період досліджень зареєстровано 445 видів, що належали 13 таксономічним відділам/класам водоростей та ціанобактерій: Зелені – *Chlorophyta* (160 видів), Діатомові – *Bacillariophyta* (111 видів), Ціанобактерії – *Cyanobacteria* (66 видів), Динофітові – *Dinophyta* (44 види), Евгленові – *Euglenophyceae* (18 видів), Харові – *Charophyta* (26 видів), Золотисті –

Аналіз рівня літніх цвітінь фітопланктону на різних ділянках лиману дозволив зробити висновок про погіршення якості води у напрямку з півночі на південь (до моря). За результатами багаторічних досліджень майже по всьому лиману простежено тенденцію до збільшення величин сумарної біомаси мікродоростей, що призводило до погіршення якості води до рівня «забруднена» або «гранічно брудна» у цих районах [8, 19].

Відповідно до класифікації ВРД стан Дністровського лиману оцінювалося як «добрий» в 2003 – 2011 рр., а в наступні роки оцінка знижувалася до «задовільної» в деяких районах лиману [1].

Висновки

Chrysophyceae (7 видів), Примнезієві – *Prymnesiophyceae* (6 видів), Криптофітові – *Cryptophyta* (3 види), Діктіохові – *Dictyochophyceae* (2 види), Сінурові – *Synurophyceae* (1 вид), Ксантофітові – *Xanthophyceae* (1 вид). Крім того, в загальному списку фітопланктону знайдено 54 види, які віднесено до групи шкідливих водоростей. Найбагатшими родами, цвітіння яких незмінно спостерігали щоліта, серед діатомових водоростей були р. *Nitzschia*, ціанобактерій – рр. *Dolichospermum* і *Microcystis*.

У північній частині лиману розвивався прісноводний планктон: переважно зелені

pp. *Heleochloris*, *Monoraphidium*, *Scenedesmus*, *Schroederia*; численні діатомові pp. *Cyclotella*, *Pseudonitzschia*, *Skeletonema*, *Synedra*; евгленові pp. *Astasia*, *Euglena*, *Phacus* та ціанобактерії pp. *Dolichospermum*, *Aphanizomenon*, *Microcystis*. У середній та південній частинах видовий склад був доповнений солонувато-водними і суто морськими видами (діатомові і динофітові водорості), що визначалося гідродинамікою районів.

У 4 головних таксонів мінімум видів був зареєстрований в 2004 р. і 2016 р. Максимальну кількість видів зелених водоростей спостерігали у 2012 р. (75); а максимума діатомових водоростей (53), динофітових водоростей (19) та ціанобактерій (33) фіксували у 2014 р.

По всьому лиману мінімальну різноманітність популяцій спостерігали у 2004 р. і 2016 р. ($0,4 - 0,6 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$). Попуски дністровської води з водосховища, або дощі перед початком експедиційних робіт, як у 2005 р., 2008 р., 2012 р., сприяли збільшенню кількості видів водоростей та різноманітності фітопланктону. Майже за всі роки спостережень найбільшою різноманітністю відрізнялися північна та середня частини лиману (індекс Шенону = $4,6 - 4,4 \text{ біт} \cdot \text{кл}^{-1}$), тобто райони змішування вод різного походження. За багато років простежується тенденція до збільшення α - різноманітності в популяціях фітопланктону на півночі та у центрі лиману, але на південній частині спостерігається зменшення видової різноманітності популяцій.

В 2003–2013 рр. рівень масового цвітіння діатомових водоростей та ціанобактерій коливався від $26 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$ до $440 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$. Значне збільшення сумарної чисельності шкідливих видів спостерігали з 2014 р. ($3070 \text{ кл} \cdot 10^6 \cdot \text{л}^{-1}$), головним чином за рахунок бурхливого розвитку ціанобактерій.

Зазначено потужний вплив річкового стоку на формування локальних ділянок або фронтів цвітіння фітопланктону на акваторії лиману, котрі значно змінювали якість води. Максимальну біомасу фітопланктону частіше реєстрували на ділянках, які були розташовані поблизу населених пунктів і традиційних

зон рекреації, схильних до евтрофікації внаслідок антропогенного впливу.

Інтервал коливань максимальних величин біомаси мікрowodоростей, що спостерігали впродовж 16 років, становив від $2,5 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2010 р.) до $231,2 \text{ г} \cdot \text{м}^{-3}$ (2018 р.). Масовий розвиток фітопланктону впливав на трофічний статус вод лиману, що може слугувати підґрунтям для менеджменту природокористування.

Простежується певна 12-річна циклічність у поступовій зміні кількості видів і індексу Шенону у головних таксонах фітопланктону. Величини індексів видового багатства і різноманітності фітопланктону, а також сумарна біомаса водоростей і ціанобактерій в останні роки (після 2010 року) мають тенденцію до збільшення. Після 2014 р спостерігається тенденція до збільшення рівнів цвітіння фітопланктону на акваторії Дністровського лиману.

Оцінка якості води згідно статусів Водної Рамкової Директиви (Фітопланктон) дозволила зробити висновок, що у більшості зареєстрованих влітку зразків якості води на акваторії лиману знаходилася на рівні «задовільного» стану, але за стандартами національної класифікації якості була значно гіршою – «забруднена» або «гранично брудна» [1, 19].

Дослідження виконано в рамках наукового проекту «Визначити джерела і роль азотного навантаження в евтрофікації водних екосистем Нижнього Дністра і Чорного моря» (науковий керівник канд. біол. наук Ковальова Н.В.), що у 2017 – 2019 рр. фінансує Міністерство освіти і науки України.

Автор висловлює глибоку подяку колегам – співробітникам РЦІМ ОНУ, які на протязі багатьох років здійснювали експедиційні роботи на Дністровському лимані та допомагали в первинній обробці зразків фітопланктону. Особливу подяку автор висловлює науковому керівнику РЦІМ ОНУ, канд. фіз.-мат. наук Медінцю В.І. за зауваження при написанні статті та неухильну увагу до досліджень дністровського фітопланктону.

Література

1. Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Київ, 2006. 240 с.

2. Газетов Є.І., Медінець В. І., Снігірьов С. М., Конарева О. П. Довгострокові зміни гідролого-гідрохімічного режиму Дністровського лиману влітку 2003–2013 рр. *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф.. Одеса: ТЕС, 2014. С.78-80.
3. Газетов Є. І., Медінець В. І., Снігірьов С. М. Гідрологічні дослідження Дністровського лиману у 2012–2017 рр. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 1–2 (29), 2018. С. 47–56.
4. Дерезюк Н. В., Конарева О. П., Молодит О. В. Мониторинговые исследования фитопланктона в Днестровском лимане (2003–2011 гг.). *Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення*: зб. статей за матер. доповідей Всеукраїнської науково-практичної конф. Одеськ. Держ. Екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2012. С.102–105. ISBN 978-966-2389-64-7
5. Ковалева Н.В., Мединец В.И., Конарева О.И., Мединец С.В. Интегральная оценка трофического состояния водных объектов дельтовой части Днестра. *Современные проблемы гидроэкологии. Перспективы, пути и методы решения*: материалы III междунар. науч. конф, Херсон, 17–19 мая 2012 г. Херсон, 2012. С. 198–201.
6. Ковальова Н. В., Медінець В. І., Медінець С. В. Трофічний стан вод Дністровського лиману в літні періоди 2012–2017 рр. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво – 2018* : зб. тез доповідей XXI Міжнародної науково-практичної конференції, м.Харків, 18–20 квітня 2018 року. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2018. С. 103–106.
7. Дерезюк Н.В. Підсумки багаторічних досліджень структури та біорізноманітності фітопланктону Дністровського лиману в літній період (2003–2014 рр.). *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Сер. Біол., Спец. вип.: Гідроекологія*. 2015. № 3-4 (64). С. 185–188. – ISSN 2078-2357.
8. Дерезюк Н.В., Конарева О.П., Солтыс И.Е. Летние цветения фитопланктона в Днестровском лимане (2003–2016 гг.). *Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы*: материалы междунар. конф. м.Тирасполь, 26–27 октября 2017 г.. Тирасполь: Есо-TIRAS, 2017. С. 96–100.
9. Дерезюк Н. В. Разнообразие альгофлоры (фитопланктон) в Днестровском лимане (2012–2013 гг.) *Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. м. Одеса, 1–3 жовтня 2014. Одеса, ТЕС, 2014. С. 87–89.
10. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Літній фітопланктон Дністровського лиману (2013 р.). *Біологічні дослідження – 2014*: зб. наук. праць. V Всеукр. науково-практ. конф. Житомир, 4–5 березня 2014 р. Житомир, Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014. С. 404–406.
11. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Видовий склад угруповань фітопланктону у водних об'єктах дельти р. Дністер та Дністровського лиману (влітку 2013–2014 рр.). *Біологічні дослідження – 2015*: зб. наук. праць. VI Всеукр. науково-практ. конф., Житомир, 11–12 березня 2015 р. Житомир, Вид-во ПП «Рута», 2015. С. 240–242.
12. Гаркуша Д. В., Дерезюк Н. В. Популяційні характеристики фітопланктону на акваторії Дністровського лиману влітку (2012–2015 рр.). *Біологічні дослідження – 2016*: зб. наук. праць. VII Всеукр. науково-практ. конф. Житомир: ПП «Рута», 2016. 339–341 с.
13. Рябушко Л.И. Потенциально опасные микроводоросли Азово-Черноморского бассейна. Севастополь, ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. 288 с.
14. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab/>
15. Ignatiades L., Gotsis-Skretas O. A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins* (Basel); 2010. 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 www.mdpi.com/journal/toxins doi:10.3390/toxins2051019
16. Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. Сб. под ред. А.В. Цыбань. М., Московское отделение Гидрометеониздат, 1988, с. 185 – 200.
17. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2019. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 17 April 2019.
18. WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2019-04-17. doi:10.14284/170
19. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Окснюк О.П. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. К.: Наукова думка, 2001. 48 с.

References

1. Vodna ramkova durektyva YeS 2000/60/EC (2006) [EU Water Framework Directive 2000/60/EC]. Kyiv, 240 [In Ukrainian].

2. Gazetov, E.I., Medinec', V.I., Snigir'ov, S.M., Konareva, O.P. (2014). Dvougostrokovi zmini gidrologo-gidrohimičnogo režimu Dnistrovs'kogo limanu vlitku 2003–2013 rr. [Long-term changes in the hydrological and hydrochemical regime of the Dniester estuary in the summer of 2003–2013]. *Vseukraïns'ka naukovopraktična konf. "Limani pівnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: aktual'ni gidroekologični problemi ta shlyahi ih virishennya"*. Odesa, TES. 78–80. [In Ukrainian].
3. Gazetov, E. I., Medinec', V. I., Snigir'ov, S. M. (2018). Gidrologični doslidzhennya Dnistrovs'kogo limanu u 2012–2017 rr. [Hydrological investigations of the Dniester estuary in 2012–2017]. *Man and environment. Issues of neoecology*. (29). 47–56. [In Ukrainian].
4. Derezyuk, N. V., Konareva, O. P., Molodit, O. V. (2012). Monitoringovyie issledovaniya fitoplanktona v Dnestrovskom limane (2003–2011 gg.). [Phytoplankton monitoring surveys in the Dniester estuary (2003–2011)]. *Vseukraïns'ka naukovopraktična konf. "Limani pівnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: aktual'ni gidroekologični problemi ta shlyahi ih virishennya"*. Odes'k. Derzh. Ekologičnij universitet. Odesa: TES. 102–105. ISBN 978-966-2389-64-7 [in Russian].
5. Kovaleva, N.V., Medinec, V.I., Konareva, O.I., Medinec, S.V. (2012). Integral'naya ocenka troficheskogo sostoyaniya vodnykh ob'ektov del'tovoy chasti Dnestra. [Integral estimation of trophic state of water objects of the delta of the Dniester]. III mezhdunar. nauch. konf. "Sovremennyye problemy gidroekologii. Perspektivy, puti i metody resheniya", Herson. 198–201. [in Russian].
6. Koval'ova, N. V., Medinec', V. I., Medinec', S. V. (2018). Trofichnij stan vod Dnistrovs'kogo limanu v litni periodi 2012–2017 rr. [Trophic condition of the Dniester estuary waters during the 2012–2017 summer periods]. XXI Mizhnarodna naukovopraktična konferencya "Ekologiya, ohorona navkolishn'ogo seredovishcha ta zbalansovane prirodoekoristuvannya: osvita – nauka – virobnictvo – 2018" zb. tez dopovidej, Harkiv: HNU imeni V. N. Karazina. 103–106. [In Ukrainian].
7. Derezyuk, N.V. (2015). Pidsumki bagatorichnih doslidzhen' strukturi ta bioriznomanitnosti fitoplanktonu Dnistrovs'kogo limanu v litnij period (2003–2014 rr.). [The results of long-term research on the structure and biodiversity of the phytoplankton of the Dniester estuary in the summer period (2003–2014)]. *Nauk. zap. Ternop. nac. ped. un-tu im. V. Gnatyuka. Ser. Biol., Spec. vip.: Gidroekologiya*. 3-4 (64). 185–188. - ISSN 2078-2357. [In Ukrainian].
8. Derezyuk, N.V., Konareva, O.P., Soltys, I.E. (2017). Letnie cveteniya fitoplanktona v Dnestrovskom limane (2003–2016 gg.). [Summer phytoplankton blooms in the Dniester estuary (2003–2016)]. Mezhdunar. konf. "Integrirovannoe upravlenie transgranichnym bassejnom Dnestra: platforma dlya sotrudnichestva i sovremennyye vyzovy". Tiraspol': Eco-TIRAS, 96–100. [in Russian].
9. Derezyuk, N. V. (2014). Raznoobrazie al'goflory (fitoplankton) v Dnestrovskom limane (2012–2013 gg.). [Diversity of algal flora (phytoplankton) in the Dniester estuary (2012–2013)]. *Vseukraïns'koï nauk.-prakt. konf. "Limani pівnichno-zahidnogo Prichornomor'ya: suchasnij gidroekologičnij stan; problemi vodnogo ta ekologičnogo menedzhmentu, rekomendacii shchodo ih virishennya"*. Odesa, TES, 87–89. [in Russian].
10. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2014). Litnij fitoplankton Dnistrovs'kogo limanu (2013 r.). [Summer phytoplankton of the Dniester estuary (2013)]. V *Vseukr. naukovoprakt. konf. "Biologični doslidzhennya – 2014"*. Zhitomir, Vid-vo ZHDU im. I. Franka. 404–406. [In Ukrainian].
11. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2015). Vidovij sklad ugrupuvan' fitoplanktonu u vodnih ob'ekтах del'ti r. Dnister ta Dnistrovs'kogo limanu (vlitku 2013–2014 rr.). [Species composition of phytoplankton groups in the water objects of the Dniester and Dniester estuary delta (summer 2013–2014)]. VI *Vseukr. naukovoprakt. konf. "Biologični doslidzhennya – 2015"*. Zhitomir, Vid-vo PP «Ruta». 240–242. [In Ukrainian].
12. Garkusha, D. V., Derezyuk, N. V. (2016). Populyacijni charakteristiki fitoplanktonu na akvatorii Dnistrovs'kogo limanu vlitku (2012–2015 rr.). [Populations of phytoplankton in the Dniester estuary in the summer (2012–2015)]. VII *Vseukr. naukovoprakt. konf. Biologični doslidzhennya – 2016*. Zhitomir: PP «Ruta». 339–341. [In Ukrainian].
13. Ryabushko, L.I. (2003) Potentsialno opasnye mikrovodorosli Azovo-Chernomorskogo basseyna [Potentially dangerous microalgae of the Azov-Black Seas basin]. Sevastopol: EKOSI – Gidrofizika. 288 [In Russian].
14. Moestrup, Ø.; Akselmann, R.; Fraga, S.; Hoppenrath, M.; Iwataki, M.; Komárek, J.; Larsen, J.; Lundholm, N.; Zingone, A. (Eds) (2009 onwards). IOC-UNESCO Taxonomic Reference List of Harmful Micro Algae. Accessed at <http://www.marinespecies.org/hab> on 2019-04-17. doi:10.14284/362 [In English].
15. Ignatiades, L., Gotsis-Skretas, O. (2010). A Review on Toxic and Harmful Algae in Greek Coastal Waters (E. Mediterranean Sea). *Toxins (Basel)*; 2(5), 1019–1037. ISSN 2072-6651 www.mdpi.com/journal/toxins doi:10.3390/toxins2051019 [In English].
16. Tsyban, A.V. (1980). Metodicheskiye osnovy kompleksnogo ekologicheskogo monitoringa okeana [Manual on methods of biological analysis of sea water and sediments]. L.: Gidrometeoizdat, 191 [in Russian].
17. Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2019). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 17 April 2019. [In English].
18. WoRMS Editorial Board (2019). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2019-04-17. doi:10.14284/170 [In English].
19. Romanenko, V.D., Zhukins'kij, V.M., Oksiyuk, O.P. (2001). Metodika vstanovlennya i vikoristannya ekologichnih normativiv yakosti poverhnevih vod sushi ta estuariiv Ukraïni. [Methodology for the establish-

ment and use of environmental quality standards for surface waters and estuaries in Ukraine]. K.: Naukova dumka, 2001. 48. [In Ukrainian].

Надійшла до редколегії 22.04.2019