

**СТРУКТУРА УГРУПОВАННЯ ФІТО- ТА ЗООПЛАНКТОНУ
ШЕЛЬФОВИХ ВОД ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ
ЧОРНОГО МОРЯ ВЛІТКУ 2019 РОКУ****Грандова М.О.** – к.б.н., н.с.

Український науковий центр екології моря

mariagrandova@gmail.com

Набокін М.В. – завідувач сектору гідробіологічних досліджень

Український науковий центр екології моря

m.nabokin1@gmail.com

Дядичко В.Г. – к.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»

wasajzdiadel@gmail.com

У статті наведені результати досліджень фіто- та зоопланктону північно-західного шельфу Чорного моря влітку 2019 року. У складі фітопланктону виявлено 117 таксонів з 13 класів, домінували Bacillariophyceae та Dinophyceae. Середня чисельність становила 123 тис.кл.·л⁻¹, середня біомаса 713 мг·м⁻³. За біомасою домінували *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G. Sundström, 1986 та *Tripos muelleri* Bory de Saint-Vincent, 1826. Просторовий розподіл концентрації хлорофілу-а в основному збігається з розподілом біомаси фітопланктону. Зоопланктон був представлений 30 таксонами, основу розмаїття становили Copepoda та Cladocera. Середня чисельність становила 10816 екз.·м⁻³, середня біомаса 607 мг·м⁻³. На всіх станціях домінували роди *Acartia*, *Oithona*, *Centropages*, *Penilia avirostris* і різні види родини *Podonidae*. В районах транзитних вод внесок прісноводних видів фітопланктону у біомасу не перевищував 2%, основу біомаси створювали морські види. Незважаючи на це, в районі ShW-UA_1 була присутня значна негативна кореляція між біомасою та солоністю ($r=-0,87$). У шельфових водах морської зони внесок прісноводних видів у загальну біомасу не перевищував 0,1%, кореляція між солоністю та біомасою була відсутня ($r=0,26$). На більшості станцій шельфу солонуватоводні і прісноводні таксони зоопланктону були відсутніми. Значущої кореляції між солоністю і біомасою зоопланктону виявлено не було. З наближенням до естуаріїв зі збільшенням чисельності зменшується біомаса зоопланктону. Спостерігається висока негативна кореляція між співвідношенням чисельності зоопланктону до його біомаси та відстанню до найближчого естуарію ($r = -0,90$), для фітопланктону ця кореляція становить $r = -0,534$. Для більшості шельфових станцій та горизонтів якості води за показниками фітопланктону можна оцінити як ДЕС, за показниками зоопланктону як неДЕС.

Ключові слова: фітопланктон, зоопланктон, північно-західний шельф Чорного моря, транзитні води, шельфові морські води, якість морського середовища.

Вступ

Планктонні організми є важливою частиною морських екосистем. Фітопланктон є основним продуцентом первинної продукції та основою водних трофічних ланцюгів. Стан зоопланктону, його структурні характеристики представляють особливий інтерес, тому що, на відміну від короткоциклічного фітопланктону, що відображає головним чином одномоментні зміни, і довгоциклічного макрзообентосу, що має велику інерцію, зоопланктон відображає стан середовища в середньостроковій перспективі.

Угрупування фітопланктону та зоопланктону реагують на зміни умов навколишнього середо-

вища шляхом послідовної перебудови їх структурної та функціональної організації, тому їхні характеристики можуть свідчити про стан екосистеми в цілому. Різні показники морського планктону можуть надавати цінну інформацію про екологічні процеси, що важливі для якості життя та економіки прибережних країн, тому Рамкова директива по морській стратегії (Директива 2008/56/ЄС) Європейського Союзу визначає фітопланктон та зоопланктон як необхідний компонент оцінки екологічного стану водних об'єктів.

Метою роботи було визначення таксономічного складу та кількісних показників фіто-та зоопланктону, а також оцінка екологічного стану шельфових

вод ПЗЧМ влітку 2019 року за показниками фіто- та зоопланктону.

Матеріали та методи досліджень

Для роботи були використані матеріали проекту ANEMONE (<http://anemoneproject.eu/>), а також дані національного моніторингу УкрНЦЕМ в рамках проекту EMBLAS plus, відібрані влітку 2019 року у чотирьох районах ПЗЧМ: ShW_UA_1 (Дунайський район – ст. 1а, 15), ShW_UA_3 (Дніпро-Бузький район – ст. 2а, 1), ShW_UA_5 (район змішаних вод – ст.16, 17)), ShW_UA_7 (центральний шельфовий регіон – ст. 2) (рис. 1) за районуванням, прийнятим в рамках проекту EMBLAS Plus (<http://emblasproject.org/>). Згідно з класифікацією Водної Рамкової Директиви (WFD) (Directive 2000/60/EC) та Рамкової Директиви з Морської Стратегії (MSFD), райони ShW_UA_1, ShW_UA_3 відносяться до транзитних вод, ShW_UA_5, ShW_UA_7 – до морських вод (Большаков 1970; Alexandrov 2016). Проби фітопланктону відбирали з декількох горизонтів, які охоплювали основні гідрофізичні шари (з верхнього псевдооднорідного шару, верхньої межі термокліну, нижньої межі термокліну, у придонному горизонті та у зоні максимуму хлорофілу (якщо цей максимум не збігався з іншими горизонтами відбору проб)). Всього на 7 станціях було відібрано 23 проби фітопланктону (ShW_UA_1 – 6 проб, ShW_UA_3 – 6 проб, ShW_UA_5 – 7 проб, ShW_UA_7 – 4 проби) та 15 проб зоопланктону (ShW_UA_1 – 4 проби, ShW_UA_3 – 4 проби, ShW_UA_5 – 4 проби, ShW_UA_7 – 3 проби). Відбір та подальша обробка проб здійснювалася за стандартними методиками (Руко-

водство ... 1980). Проби зоопланктону відбиралися вертикальними ловами сіткою Джеді, розмір вічка мірошникового газу 150 мкм. Проба зі ст. 16 була відібрана тотальним вертикальним ловом від дна до поверхні, інші пошарово: у верхньому псевдооднорідному шарі, шарі термокліну і придонному шарі води. Обробка та подальший аналіз проб проводився згідно стандартної методики (Alexandrov 2016). Назви таксонів та розподіл за екологічними групами приведені за онлайн-базою даних World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org>). Гідрохімічні дані (солоність, концентрація біогенів та хлорофілу- α) були взяті з бази даних УкрНЦЕМ (<http://www.blackseadb.org>). Статистичну обробку проводили за допомогою програми PRIMER 7. Оцінка якості середовища наведена за п'ятибальною шкалою згідно WFD та двобальною згідно MSFD, для неї використовували загальну біомасу фіто- та зоопланктону, індекс різноманіття Шеннона-Вівера за чисельністю зоопланктону, масову частку копепод і частку *Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy 1921 в біомасі зоопланктону (Базова оцінка ... 2018).

Результати та обговорення

Таксономічна структура планктону шельфових вод ПЗЧМ

Влітку 2019 року в усіх районах дослідження спостерігався діатомово-динофітовий комплекс видів фітопланктону, характерний для ПЗЧМ, помітний внесок у видове різноманіття також вносили кокколитофори та зелені водорості (табл. 1). Індекс різноманіття Шеннона-Вівера у шельфових

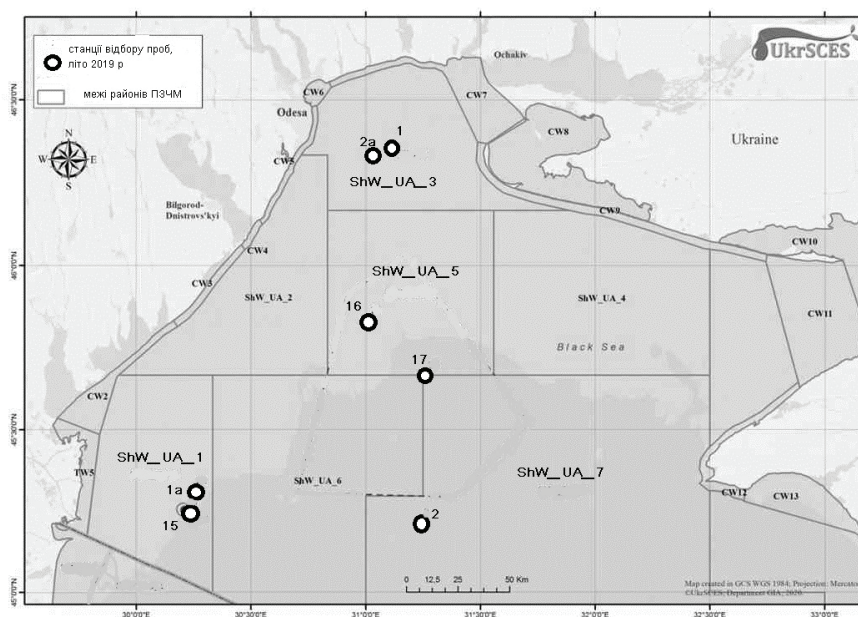


Рис. 1. Райони та станції відбору проб (липень – вересень 2019 р.)

водах коливався від 0,07 біт·екз.⁻¹ до 2,16 біт·екз.⁻¹. Середні значення у ShW_UA_1 дорівнювали 1,22 біт·екз.⁻¹, ShW_UA_3 – 0,66 біт·екз.⁻¹, ShW_UA_5 – 0,70 біт·екз.⁻¹ та в ShW_UA_7 – 0,60 біт·екз.⁻¹. Найвищі значення спостерігалися в акваторії острова Зміїний (район ShW_UA_1), найнижчі на ст. 2 (район ShW_UA_7), яка є найвіддаленішою від берега та гирла річок.

У районі досліджень нами було ідентифіковано 30 таксонів зоопланктону, здебільшого морського комплексу (табл. 2). Основу розмаїття склали копеподи, також різноманітними були кладоцери та організми меропланктону. Інші групи не відігравали значної ролі в різноманітті.

Індекс Шеннона-Вівера за чисельністю зоопланктону (рис. 2) змінювався від 1,33 до 2,06 біт·екз.⁻¹. В середньому він складав $1,67 \pm 0,25$ біт·екз.⁻¹.

Кількісні характеристики планктону шельфових вод ПЗЧМ

Влітку 2019 року на шельфі кількісні характеристики фітопланктону були досить низькими. При цьому розподіл чисельності та біомаси був дуже неоднорідним, їхні значення на окремих станціях навіть в межах одного району відрізнялись на 2 порядки. Такий розподіл кількісних характеристик планктону є типовим для ПЗЧМ. Це обумовлює високі значення стандартного відхилення, які навіть перевищували самі середні значення. Чисельність змінювалась від 5.39 тис.кл·л⁻¹ на ст. 1 (ShW_UA_3) до 919 тис. кл·л⁻¹ на ст. 1а (ShW_UA_1), при середній чисельності 122 ± 206 тис.кл·л⁻¹, біомаса від 3,5 мг·м⁻³ на ст. 2 (ShW_UA_7) до 3340 мг·м⁻³ на ст. 1А (ShW_UA_1), із середньою біомасою 713 ± 881 мг·м⁻³.

Домінуючими за біомасою видами були велика динофлагелата *Tripes muelleri* Bory de Saint-Vincent, 1826 та діатомова *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G. Sundström, 1986; за чисельністю домінувала дрібна кокколитофорид *Emiliania huxleyi* (Lohmann) Nau, Mohler, 1967. Загальною тенденцією було зменшення біомаси фітопланктону в міру віддалення від берега.

Кількісні показники зоопланктону, навпаки, були порівняно високими. Чисельність змінювалась від 2611 екз·м⁻³ на ст. 2 до 21488 екз·м⁻³ біля острова Зміїний, в середньому в регіоні досліджень вона становила 10463 ± 6442 екз·м⁻³. Біомаса варіювала від 268,236 мг·м⁻³ в районі ShW_UA_3 до 1185,201 мг·м⁻³ в районі ShW_UA_5, в середньому вона становила $573,117 \pm 352,577$ мг·м⁻³. Основу кількісних показників склали Copepoda та Cladocera, на всіх станціях серед копепод домінували роди *Acartia* і *Oithona*, численним також був рід *Centropages*, серед кладоцер – *Penilia avirostris* і різні види родини *Podonidae*.

Кількісні характеристики фітопланктону та зоопланктону окремих районів представлені в таблиці 3.

Шельфові води ПЗЧМ знаходяться під впливом чотирьох великих річок – Дніпр, Південний Буг, Дністер та Дунай, які забезпечують 67% річного стоку в море (Богатова и др. 1990). Залежно від об'єму річкового стоку та ступеню розповсюдження «шлейфу» річкового впливу число прісноводних та солонуватоводних видів та їхній внесок у кількісні показники може істотно змінюватися. Наприклад, у травні-червні 2012 р. в районі Філо-

Таблиця 1

Таксономічне різноманіття фітопланктону ПЗЧМ влітку 2019 р.

	ShW_UA_1	ShW_UA_3	ShW_UA_5	ShW_UA_7	Всього
Bacillariophyceae	14	13	7	3	20
Chlorodendrophyceae	2	1	2	0	2
Chlorophyceae	3	3	3	2	6
Prasinophyceae	1	0	0	0	1
Trebouxiophyceae	0	1	0	0	1
Euglenoidea	1	1	1	0	2
Chrysophyceae	1	1	1	0	1
Dictyochophyceae	1	0	1	1	2
Cryptophyceae	2	2	3	1	6
Суанопфіцеє	3	2	2	0	4
Dinophyceae	46	30	26	7	59
Prymnesiophyceae	4	8	8	5	12
Flagellata	1	1	1	0	1
Всього	79	63	55	19	117

Таксономічне різноманіття зоопланктону шельфових вод ПЗЧМ влітку 2019 р.

	ShW_1	ShW_3	ShW_5	ShW_7	Всього
Cladocera	5	5	5	2	5
Copepoda	6	5	11	10	12
Ctenophora	2	2	2	1	2
Flagellata	1	1	1	1	1
Meroplancton	6	6	4	3	7
Scyphozoa	0	0	1	0	1
Varia	3	3	4	3	2
Всього	23	22	28	20	30

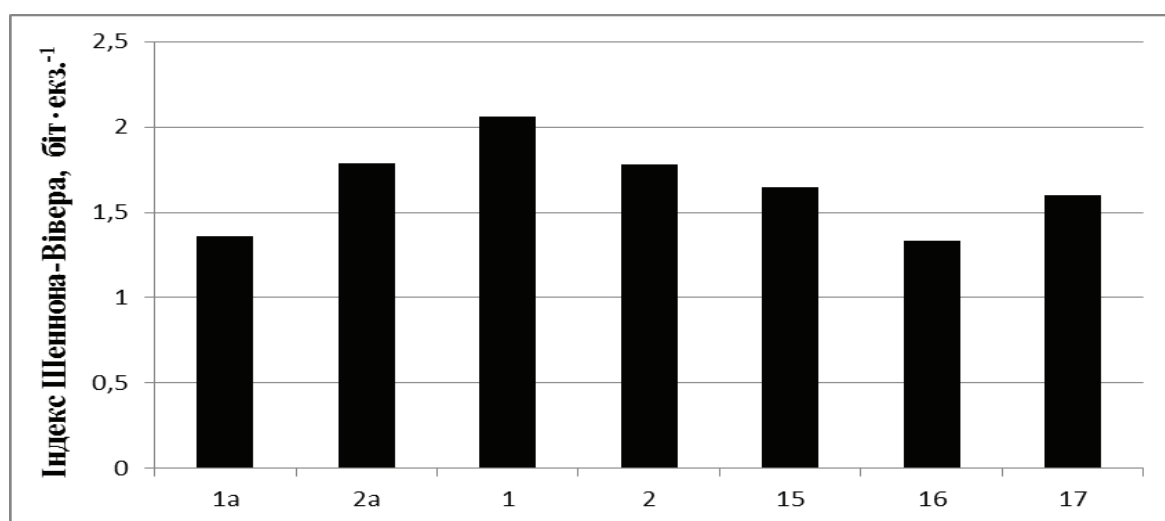


Рис. 2. Індекс Шеннона-Вівера за чисельністю зоопланктону на шельфових станціях ПЗЧМ влітку 2019 року

форного поля Зернова товщина шару розпріснених вод Дніпро-Бузького та Дністровського генезису становила 10–14 м, на більшості досліджених станцій були відзначені представники солонуватоводних та прісноводних видів, особливо на північному заході та менше на півдні (Terenko et al. 2012). У травні 2016 року представники прісноводних діатомових, зелених водоростей та ціанобактерій також були виявлені на всіх досліджуваних станціях цього району, особливо у його північно-західній частині, але їх біомаса була низькою, менше 5% від загальної (National ... 2017). Навпаки, у квітні та червні 2017 року в районі змішаних вод було виявлено лише декілька представників прісноводного комплексу, переважно поблизу північних та західних кордонів району, а їх частка у загальній біомасі не перевищувала 1% (National ... 2018).

Під час досліджень влітку 2019 р. рівень стоку був низьким, а частка прісноводних видів у загальному біорізноманітті фітопланктону не перевищувала 30%. У районі ShW-UA_1 та ShW-

UA_3 кількість прісноводних видів була вищою, ніж у ShW-UA_5 та ShW-UA_7 (рис. 3).

Серед прісноводних видів ми спостерігали представників різних таксономічних груп: діатомові (*Stephanodiscus hantzschii* Grunow, 1880, *Cyclotella planctonica* Brunthaler, 1901), зелені (*Monoraphidium contortum* (Thuret) Komárková-Legnerová, 1969, *Kirchneriella lunaris* (Kirchner) K. Möbius, 1894, *Desmodesmus communis* (E. Hegewald) E. Hegewald, 2000, *Tetrastrum staurogeniaeforme* (Schroeder) Lemmermann, 1900, *Hyaloraphidium contortum* Pascher & Korshikov, 1931, *Raphidocelis danubiana* (Hindák) Marvan, Komárek & Comas, 1984), золотисті (*Ollicola vangoorii* (W.Conrad) Vørs, 1992), дінофітові (*Speroidium fungiforme* (Anisimova) Moestrup & Calado, 2018), ціанобактерії (*Jaaginema kisselevii* (Anisimova) Anagnostidis & Komárek, 1988, *Glaucospira laxissima* (G.S.West) Simic, Komárek & Dordevic, 2014), але їх внесок у загальну біомасу не перевищував 1%.

Відносно зоопланктону, та на більшості станцій шельфу солонуватоводні і прісноводні види були від-

Кількісні показники фіто- та зоопланктону ПЗЧМ влітку 2019 р. (середні регіональні значення)

Район	фітопланктон		зоопланктон	
	N _{ср.} тис.кл.л ⁻¹	B _{ср.} мг·м ⁻³	N _{ср.} екз. м ⁻³	B _{ср.} мг·м ⁻³
ShW_UA_1	241±347	1093±1258	17497±10262	345±205
ShW_UA_3	173±164	621±443	12254±8085	582±410
ShW_UA_5	32,6±18,6	654±988	4107±2357	739±1219
ShW_UA_7	28,0±23,0	383±559	2611±1571	1185±1956

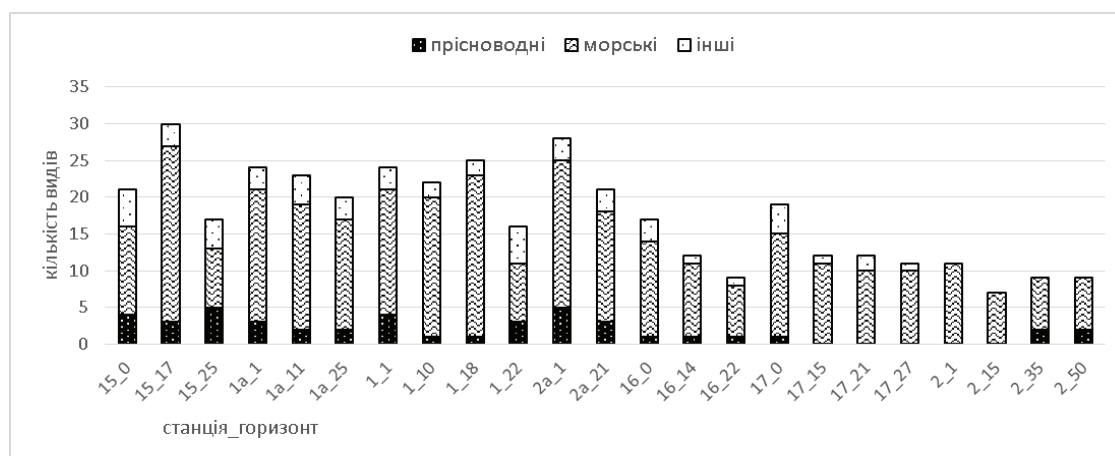


Рис. 3. Співвідношення екологічних груп фітопланктону за відношенням до солоності на станціях ПЗЧМ влітку 2019 року

сутні. Виняток становить тільки ст. 2 (ShW_UA_7), де на шарі термокліну солонуватоводні організми становили 1,89% чисельності і 1,19% біомаси. Прісноводні організми не зареєстровані.

При одночасному дослідженні прибережних районів в рамках проекту Анемоне ми спостерігали, що солоність у поверхневому та придонному горизонті могла відрізнитися майже в 2 рази, та значення біомаси фітопланктону показали негативну кореляцію за Пірсоном зі значеннями солоності ($r = -0,79$), оскільки в районах з великим річковим впливом основний внесок у біомасу належав прісноводним видам, і максимум біомаси спостерігався в поверхневому шарі з мінімальною солоністю (Assessing the vulnerability ... 2021).

На шельфових станціях різниця у солоності на різних горизонтах була значно меншою (14,9-18,5‰), негативна кореляція між біомасою фітопланктону та солоністю спостерігалась лише у районі ShW_UA_1 ($r = -0,87$) (рис. 4), в цілому кореляція між солоністю та біомасою була незначною ($r = 0,17$). Також не було виявлено значної кореляції з концентрацією біогенів ($r(\text{DIP}) = -0,06$, $r(\text{DIN}) = 0,15$). Максимуми біомаси переважно спостерігалися у верхньому шарі термокліну, що характерно для відкритих вод Чорного моря, а у

ShW_UA_5 також на горизонті з максимальною солоністю (придонному). Вони були зумовлені розвитком двох великих морських видів: діатомової *P. calcar-avis* (ShW_UA_5, ShW_UA_7 та ShW_UA_3) та дінофлагеляти *T. muelleri* (ShW_UA_1). Щодо зоопланктону, відмічалась незначна позитивна кореляція між біомасою та солоністю води ($r = 0,48$), але була виявлена значна негативна кореляція з рН ($r = -0,72$).

Відомо, що більш дрібні організми частіше мають більш короткий життєвий цикл, а у водних системах, що піддаються антропогенній евтрофікації, зростає частка короткоциклічних видів. Отже, в забруднених та евтрофних районах співвідношення між біомасою та чисельністю планктонних та бентосних гідробіонтів знижується за рахунок збільшення частки дрібноклітинних видів, що може використовуватися для виявлення впливу на морські угруповання (Warwick 1986; Александров и Берлинський 1982; Perbiche-Neves 2013).

У ході досліджень було виявлено, що при наближенні до естуарної зони падає біомаса зоопланктону, але зростає чисельність (рис. 5). Це пов'язано зі зростанням частки більш дрібних організмів в угрупованні. Таким чином, спостерігалася досить висока негативна кореляція за Пірсоном між співвідношенням чисельності до біомаси та відстанню

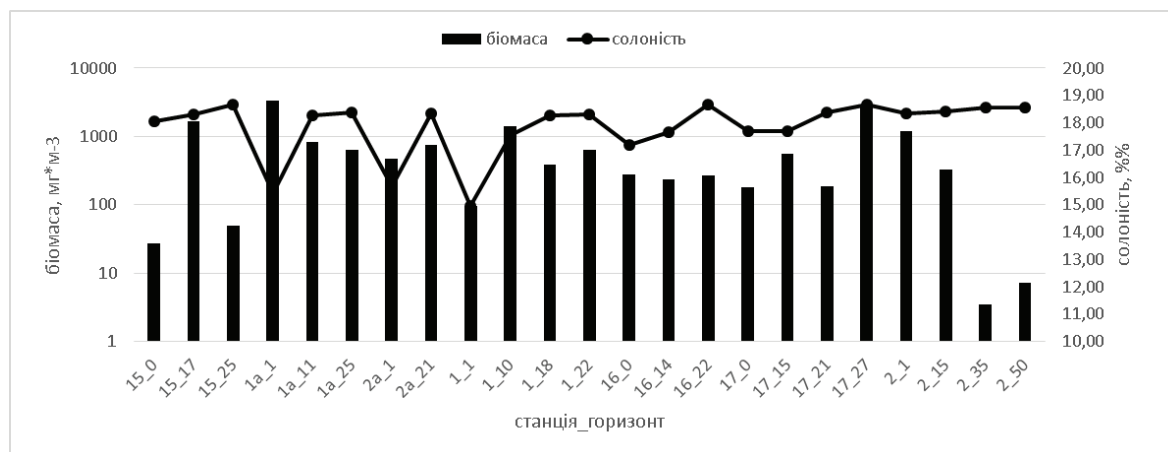


Рис. 4. Зміни біомаси фітопланктону та солоності у ПЗЧМ влітку 2019 р.

до найближчого естуарія ($r = -0,90$). Ця кореляція спостерігалась навіть на станціях без прісноводних організмів, таким чином, вона не залежала від частки прісноводного зоопланктону. Середнє співвідношення чисельності до біомаси фітопланктону та відстань між найближчим гирлом річки також має негативну кореляцію ($r = -0,53$). Однак для більш детального аналізу потрібні подальші дослідження.

Концентрація хлорофілу- a є індикатором автотрофної ланки мікродоростей. Загалом його розподіл корелює з розподілом біомаси фітопланктону (EEA. Indicator Specification). На шельфових станціях ПЗЧМ влітку 2019 р. концентрація хлорофілу- a коливалася від 0,46 до 2,01 $\text{мкг}\cdot\text{л}^{-1}$. Найнижчі значення спостерігались на найвіддаленішій від узбережжя ст. 2, найвищі на ст. 1a (ShW_UA_1) та ст. 17 (ShW_UA_5), де також спостерігалася максимальна біомаса мікродоростей (рис. 6). Хоча вертикальний розподіл хлорофілу- a на окремих станціях не збігався з розподілом біомаси фітопланктону, але загальні закономірності просторового розподілу хлорофілу- a та біомаси мікродоростей уздовж ПЗЧМ співпадали.

Оцінка якості води за показниками фітопланктону

Результати оцінки якості води ПЗЧМ за показниками фітопланктону наведені на рисунку 7. Для більшості станцій та горизонтів відбору якість води можна оцінити як «високу» за п'ятибальною шкалою (ДЕС («добрий» екологічний стан) за двобальною). «Помірна» якість води спостерігалась у поверхневому шарі лише станції 2 (ShW_UA_7). «Погана» якість води спостерігалась в глибоких шарах – верхній межі термокліна на ст. 15 (ShW_UA_1) та в придонному шарі ст. 17 (ShW_UA_5). Згідно із середніми значеннями біомаси фітопланктону якість води досліджуваних акваторій можна оцінити як ту, що відповідає ДЕС.

Оцінка якості води за показниками зоопланктону

Для більшості станцій ПЗЧМ якість води за показником біомаси можна оцінити як «Поганий», що відповідає показнику неДЕС за MSFD (табл. 4).

Проте в 2019 році на всіх станціях не спостерігалось відчутного розвитку *N. scintillans* та спостерігалась велика різноманітність за індексом Шеннона-Вівера. Частка копепод на різних станціях сильно змінювалася, будучи найвищою в районі ShW_UA_1. У цілому в шельфових водах за показниками зоопланктону тільки район ShW_UA_1 відповідає ДЕС, інші відповідають показнику неДЕС, що значно відрізняється від оцінки за показниками фітопланктону. Стан фітопланктону відображає головним чином одномоментні зміни, а зоопланктон відображає стан середовища в середньостроковій перспективі. Можна припускати, що на момент дослідження спостерігався добрий стан морського середовища, але його погіршення у минулому негативно вплинуло на стан зоопланктону.

Висновки

1. Влітку 2019 р. в шельфових водах ПЗЧМ виявлено 117 таксонів мікродоростей, що належали до 13 класів. Спостерігався характерний для ПЗЧМ діатомово-динофітовий комплекс видів, помітний внесок у видову різноманітність також вносили кокколитофори та зелені водорості. Кількісні характеристики фітопланктону були досить низькими із середньою чисельністю 123 тис.кл. $\cdot\text{л}^{-1}$ та середньою біомасою 713 $\text{мг}\cdot\text{м}^{-3}$. Загальною тенденцією було зменшення біомаси фітопланктону в бік моря. Домінуючими за біомасою були *P. calcar-avis* та *T. muelleri*. Просторовий розподіл концентрації хлорофілу- a в основному збігається з розподілом біомаси фітопланктону.

2. Зоопланктон був представлений 30 таксонами, основу розмаїття становили Copepoda та Cladocera.

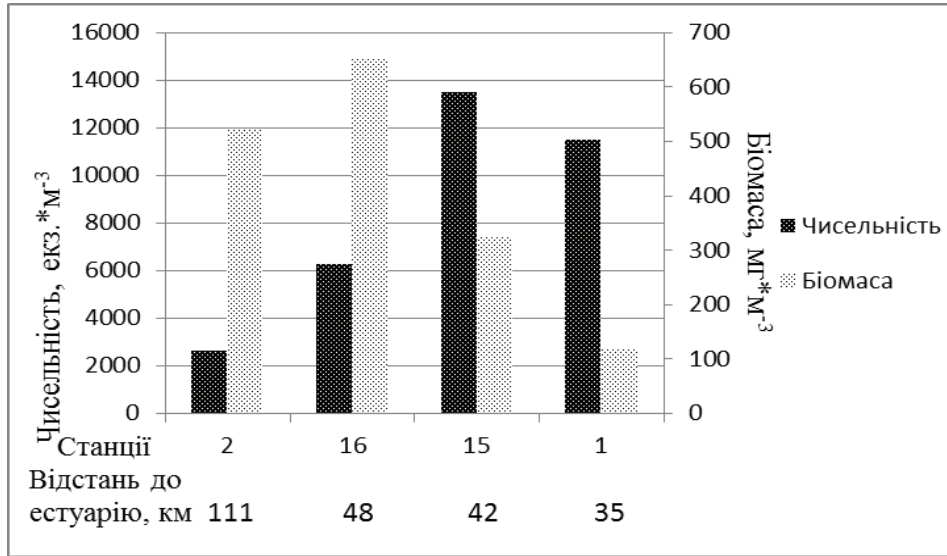


Рис. 5. Чисельність та біомаса зоопланктону ПЗЧМ влітку 2019 р.

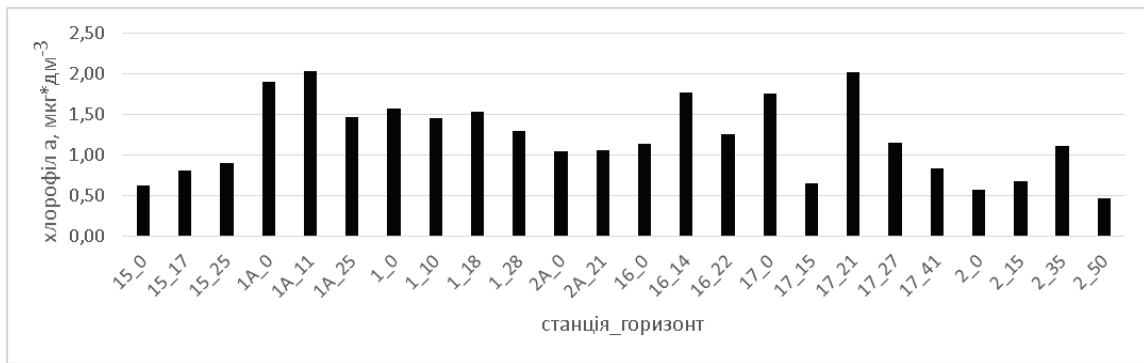


Рис. 6. Просторовий та вертикальний розподіл хлорофілу-а у ПЗЧМ влітку 2019 р.

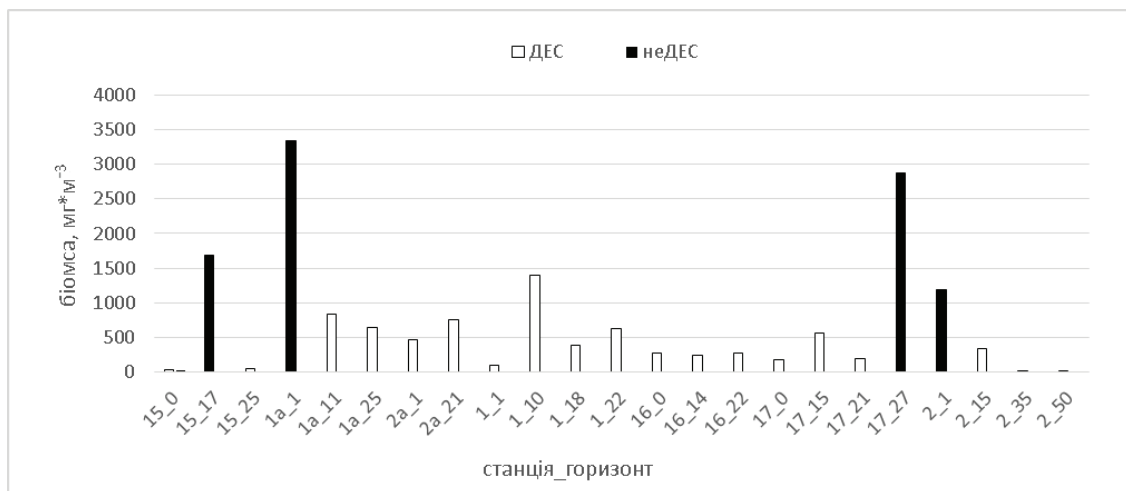


Рис. 7. Оцінка якості шельфових вод за критеріями MSFD влітку 2019 р. за показником біомаси фітопланктону

Оцінка якості вод ПЗЧМ згідно з критеріями MSFD за кількісними показниками зоопланктону влітку 2019 р.

район	Показник				Загальна оцінка
	В, мг·м ⁻³	<i>N. scintillans</i> %	Н'біг·екз ⁻¹	Copepoda %	
ShW_UA_7	1185±1956	0,03±0,03	1,78±0,51	37,88 ±25,45	неДЕС
ShW_UA_3	582 ±410	0	1,92±0,25	21,52 ±26,2	неДЕС
ShW_UA_5	487 ±270	0,69 ±0,07	1,47±0,22	24,67 ±35,52	неДЕС
ShW_UA_1	325±336	12,02±16,62	1,64±0,23	47,08 ±51,09	ДЕС

Спостерігалися високі кількісні показники: середня чисельність становила 10816 екз·м⁻³, середня біомаса 607 мг·м⁻³. На всіх станціях домінували *Penilia avirostris*, а також представники родів *Acartia*, *Oithona*, *Centropages*, і різні види родини *Podonidae*.

2. У районах транзитних вод (ShW_UA_1, ShW_UA_3), де градієнт між поверхневим та придонним шаром становить менше 4 ‰, внесок прісноводних видів фітопланктону у біомасу не перевищував 2%, основу біомаси створювали морські види. Незважаючи на це, в районі ShW_UA_1 була присутня значна негативна кореляція між біомасою та солоністю ($r = -0,87$).

3. У шельфових водах морської зони (ShW_UA_5, ShW_UA_7) внесок прісноводних видів у загальну біомасу фітопланктону не перевищував 0,1%, кореляція між солоністю та біомасою була відсутня ($r=0,26$).

4. На більшості станцій шельфу солонуватоводні і прісноводні таксони зоопланктону були відсутніми. Значущої кореляції між солоністю і біомасою зоопланктону виявлено не було.

5. Під час дослідження з наближенням до естуаріїв при збільшенні чисельності зменшувалася біомаса зоопланктону. Спостерігалася висока негативна кореляція між відношенням чисельності зоопланктону до його біомаси та відстанню до найближчого естуарію ($r = -0,90$), для фітопланктону ця кореляція становила $r = -0,534$. Можливою причиною збільшення кількості дрібних організмів, які зазвичай мають короткі життєві цикли, може бути збільшення впливу антропогенної евтрофікації з наближенням до естуарію.

6. Стан фітопланктону відображає головним чином одномоментні зміни, а зоопланктон відображає стан середовища в середньостроковій перспективі. Влітку 2019 року для більшості шельфових станцій та горизонтів якість води за показниками фітопланктону оцінювався як ДЕС, за показниками зоопланктону, як неДЕС. Можна припускати, що на момент дослідження спостерігався добрий стан морського середовища, але його погіршення у минулому негативно вплинуло на стан зоопланктону.

Список використаних джерел

- Alexandrov B.G. General remarks on the method of quantitative accounting of zooplankton and the use of an integrated assessment of the state of zooplankton to determine the quality of the marine environment (calculation methodology, quality assessment scales) // Workshop on the NPMS and JOSS Biological Monitoring Methods. 2016. Electronic resource. URL : <http://emblasproject.org/gallery/npms-joss-biology-training>.
- Александров Б.Г., Берлинский Н.А. Использование *Noctiluca miliaris* Sur. для биоокеанографической индикации процесса евтрофикации на примере северо-западной части Черного моря : II Всесоюз. съезд океанологов, 16-17 декабря 1982. Ялта, 1982.
- Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060>.
- EEA: Indicator Specification. Chlorophyll in transitional, coastal and marine waters. Indicator codes: CSI
023. URL : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/chlorophyll-in-transitional-coastal-and-3>.
- Fabricius K.E. Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.* 2005. Vol. 50. P. 125–146. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.11.028.
- Fredston H.A., Brown C.J., Albert S., Klein C.J., Mangubhai S., Nelson J.L., Teneva L., Wenger A., Gaines S.D., Halpern B.S. Where Does River Runoff Matter for Coastal Marine Conservation? *Frontiers in Marine Science*. 2016. Vol. 3 P. 273–290. URL : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2016.00273/full>.
- Halpern B.S., Ebert C.M., Kappel C.V., Madin E.M.P., Micheli F., Perry M. et al. Global priority areas for incorporating land-sea connections in marine conservation. *Conserv. Lett.* 2009. Vol. 2. P. 189–196. doi: 10.1111/j.1755-263X.2009.00060.x.
- Lapointe B.E., Barile P.J., Yentsch C.S., Littler M.M., Littler D.S., Kakuk B. The relative importance of nutrient enrichment and herbivory on macroalgal

communities near Norman's Pond Cay, Exumas Cays, Bahamas: a "natural" enrichment experiment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 2004. Vol. 298. P. 275–301. doi: 10.1016/S0022-0981(03)00363-0.

9. Marine Strategy Framework Directive. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0056>.

10. Maughan M., Brodie J. Reef exposure to river-borne contaminants: a spatial model. *Mar. Freshw. Res.* 2009. Vol. 60. P. 1132. doi: 10.1071/MF08328.

11. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2016. URL : http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2018/08/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2016_ScReport_Final3.pdf.

12. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2017. URL : http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/07/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2017_ScReport_FinDraft2.pdf.

13. Perbiche-Neves G., Fileto C., Laço-Portinho J., Troguer A., Serafim-Júnior M. Relations among planktonic rotifers, cyclopoid copepods, and water quality in two Brazilian reservoirs. *Latin American Journal of Aquatic Research.* 2013. Vol. 41(1). P. 138–149.

14. Smith V.H., Tilman G.D., Nekola J.C. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ. Pollut.* 1999. Vol. 100. P. 179–196. doi: 10.1016/S0269-7491(99)00091-3.

15. Warwick R.A. New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macrobenthic Community. *Marine Biology.* 1986. Vol. 92. P. 557–562.

16. Богатова Ю.И., Бронфман А.М., Виноградова Л.А., Воробьева Л.В. и др. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы. *Практическая экология морских регионов. Черное море.* Киев : Наукова думка, 1990. С. 192–200.

17. Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев : Наукова думка, 1970. 328 с.

18. Базова оцінка та визначення доброго екологічного стану (ДЕС) біоценозів і біорізноманіття Чорного моря в межах виключної морської економічної зони України: звіт про НДР / УкрНЦЕМ Міністерство екології та природних ресурсів України; керівн. С.П. Ковалишина; виконав: М.О. Грандова [та ін.] – № ДР0118U006642. Одеса, 2018. 138 с.

19. Иванов А.И. Фитопланктон устьевых областей рек северозападного Причерноморья. Киев : Наукова думка, 1982. 210 с.

20. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под редакцией А.В. Цыбань. Ленинград : Гидрометеиздат, 1980. 190 с.

21. Теренько Г.В., Грандова М.А., Ковалишина С.П., Барган Е.Ф., Дудник Д.С. *Состояние планктона Филлофорного поля Зернова в мае-июне 2012 г.*: міжнар. наук.-практ. конф., 01–02 листопада 2012 р. Одеса, 2012.

References

1. Alexandrov, B.G. (2016). General remarks on the method of quantitative accounting of zooplankton and the use of an integrated assessment of the state of zooplankton to determine the quality of the marine environment (calculation methodology, quality assessment scales). Workshop on the NPMS and JOSS Biological Monitoring Methods. 2016. Retrieved from <http://emblasproject.org/gallery/npms-joss-biology-training>. [in English]

2. Alexandrov, B.G. & Berlinsky, N.A. (1982). Ispolzovanie Noctiluca miliaris Sur. dlia biookeanograficheskoi indikacii protessa evtrofikacii na primere severo-zapadnoi chasti Chernogo moria [Using Noctiluca miliaris Sur. for bio-oceanographic indication of the eutrophication process on the example of the north-western part of the Black Sea.] II Vsesoiuz. sezd okeanologov (Ialta, 16–17 dek. 1982 g.): Tez. dokl. – All-Union. congress of oceanologists (Yalta, December 16-17, 1982): Abstracts. Dokl, (5), 32.

3. Assessing the vulnerability of the Black sea marine ecosystem to human pressures - ANEMONE-BSB-329. Information materials. Odessa, 2021. [in English].

4. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field

of water policy <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32000L0060> [in English].

5. EEA: Indicator Specification. Chlorophyll in transitional, coastal and marine waters. Indicator codes: CSI 023 Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/chlorophyll-in-transitional-coastal-and-3> [in English].

6. Fabricius, K. E. (2005). Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 125–146. doi: 10.1016/j.marpolbul.2004.11.028 [in English].

7. Fredston, H.A., Brown, C.J., Albert, S., Klein, C.J., Mangubhai, S., Nelson, J.L., Teneva, L., Wenger, A., Gaines, S.D. & Halpern, B.S. (2016). Where Does River Runoff Matter for Coastal Marine Conservation?// *Frontiers in Marine Science* Vol. 3, 273 – 290. Retrieved from <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2016.00273/full> [in English].

8. Halpern, B.S., Ebert, C.M., Kappel, C.V., Madin, E.M.P., Micheli, F., Perry, M., et al. (2009). Global priority areas for incorporating land-sea connections in marine conservation. *Conserv. Lett.* 2, 189–196. doi: 10.1111/j.1755-263X.2009.00060.x [in English].

9. Lapointe, B.E., Barile, P.J., Yentsch, C.S., Littler, M.M., Littler, D.S., & Kakuk, B. (2004). The relative

importance of nutrient enrichment and herbivory on macroalgal communities near Norman's Pond Cay, Exumas Cays, Bahamas: a "natural" enrichment experiment. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 298, 275–301. doi: 10.1016/S0022-0981(03)00363-0 [in English].

10. Maughan, M., & Brodie, J. (2009). Reef exposure to river-borne contaminants: a spatial model. *Mar. Freshw. Res.* 60, 1132. doi: 10.1071/MF08328

11. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine. (2016). Retrieved from http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2018/08/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2016_ScReport_Final3.pdf [in English].

12. National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine. (2017). Retrieved from http://emblasproject.org/wp-content/uploads/2019/07/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2017_ScReport_FinDraft2.pdf [in English].

13. Perbiche-Neves, G., Fileto, C., Laço-Portinho, J., Troguer, A., & Serafim-Júnior, M. (2013). Relations among planktonic rotifers, cyclopoid copepods, and water quality in two Brazilian reservoirs. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41(1), 138-149. [in English].

14. Smith, V.H., Tilman, G.D., & Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environ. Pollut.* 100, 179–196. doi: 10.1016/S0269-7491(99)00091-3 [in English].

15. Warwick, R.A. (1986). New Method for Detecting Pollution Effects on Marine Macroinvertebrate Community. *Marine Biology*, Vol. 92, p. 557-562 [in English].

16. Bogatova, Iu.I., Bronfman, A.M., Vinogradova, L.A., Vorobeva, L.V. et.al. (1990). Sovremennoe sostoianie i tendencii izmeneniia ekosistemy [Current state and trends of ecosystem changes] *Prakticheskaia ekologiia morskikh regionov. Chernoe more – Practical ecology of marine*

regions. Black Sea. Kyiv: Nauk. Dumka. 192–200. [in Russian].

17. Bolshakov, V.S. (1970). *Transformatsiia rechnykh vod v Chernom more. [Transformation of river waters in the Black Sea]*. Kyiv: Naukova dumka. [in Russian].

18. Kovalishina S.P. Grandova M.O. et. al. (2018) Bazova otcinka ta viznachennia dobrogo ekologichnogo stanu (DES) biotcenziv i bioriznomanittia Chornogo moria v mezhakh vikliuchnoï morskoi ekonomichnoi zoni Ukraïni : zvit pro NDR. [Basic assessment of the value of a good ecological country (DES) biocenoses and biocenosis of the Black Sea in the boundaries of the vicious sea economic zone of Ukraine: about the NDR] *UkrNTcEM Ministerstvo ekologii ta prirodnikh resursiv Ukraïni. – UkrSCES Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine*. № GR 0118U006642. [in Ukrainian].

19. Ivanov, A.I. (1982). *Fitoplankton ustevykh oblastei rek severozapadnogo Prichernomorja. [Phytoplankton of estuarine regions of rivers of the northwestern Black Sea coast]* Kiev: Nauk. Dumka, 72–100. [in Russian].

20. Tsyiban, A.V. (Eds.) (1980). *Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniy [Guide to methods of biological analysis of seawater and bottom sediments]*. Gidrometeoizdat [in Russian].

21. Terenko, G.V., Grandova, M.A., Kovalishina, S.P., Bargan, E.F. & Dudnik, D.S. (2012). Costoianie planktona Fillofornogo polia Zernova v mae-iune 2012 g. [The plankton state of the Zernov Phyllophor field in May-June 2012] *Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiia «Ekologichni problemi Chornogo moria». Zbirnik dokladiv ta statei – International scientific and practical conference "Ecological problems of the Black Sea". Collection of reports and articles.* [in Russian].

PHYTO- AND ZOOPLANKTON COMMUNITY STRUCTURE IN SHELF WATERS OF NORTH-WESTERN BLACK SEA IN SUMMER 2019

Grandova M.A., PhD

Ukrainian Scientific Center of Ecology of Sea
 mariagrandova@gmail.com

Nabokin M.V., Head of Sector of Hidrobiological Studies

Ukrainian Scientific Center of Ecology of Sea
 m.nabokin1@gmail.com

Dyadichko V.G., PhD, Senior Researcher

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

The article presents the results of studies of phyto- and zooplankton of North-Western Black Sea shelf in the summer of 2019. For phytoplankton, 117 taxa from 13 classes were noted, Bacillariophyceae and Dinophyceae dominated. The average abundance was 123 thousand cells*L⁻¹, the average biomass was 713 mg*m⁻³. *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) B.G. Sundström, 1986 and *Tripos muelleri* Bory de Saint-Vincent, 1826. dominated by biomass. The spatial distribution of chlorophyll- α concentration approximately coincides with the distribution of phytoplankton biomass. For zooplankton, 30 taxa were noted, the basis of diversity belongs to Copepoda and Cladocera. The average abundance was

10816 ind* m⁻³, the average biomass was 607 mg* m⁻³. The genera *Acartia*, *Oithona*, *Centropages*, *Penilia avirostris* and various species of the family Podonidae dominated at all the stations. In transitional waters, the contribution of freshwater phytoplankton species to biomass did not exceed 2%, the basis of biomass was formed by marine species. Despite this, in ShW-UA_1 there was a significant negative correlation between biomass and salinity ($r = -0.87$). In the shelf waters of the marine zone, the contribution of freshwater species to the total biomass did not exceed 0.1%, the correlation between salinity and biomass was absent ($r = 0.26$). At most offshore stations, brackish and freshwater zooplankton taxa were absent. There was no significant correlation between salinity and zooplankton biomass. As we approach the estuaries, the biomass of zooplankton decreases with increasing abundance. There is a high negative correlation between the ratio of zooplankton abundance to its biomass and the distance to the nearest estuary ($r = -0.90$), for phytoplankton this correlation is $r = -0.534$. For most offshore stations and horizons, water quality by phytoplankton indicators can be assessed as GES, by zooplankton indicators, as non-GES.

Key words: phytoplankton, zooplankton, North-Western Black Sea shelf, transitional waters, shelf marine waters, quality of marine environment.