

УДК 951.524.11 (262.5)

О.Ю. ВАРІГІН, д. б. н., ст. наук. співроб.,
Інститут морської біології НАН України,
вул. Пушкінська, 37, 65048, Одеса, Україна
e-mail: sealife_1@email.ua

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА СТАНУ МАКРОЗООБЕНТОСУ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ (ПІВНІЧНЕ ПРИЧОРНОМОР'Я)

Проведено аналіз довготривалих змін якісного складу та кількісних параметрів макрозообентосу Тилігульського лиману, які відбулися за останні більш ніж 40 років. Показано, що з 56 видів донних безхребетних, які мешкали раніше в лимані, в теперішній час залишилося тільки 20. Зазначено, що з 12 надвидових таксонів безхребетних, представлених раніше в лимані, нині залишилося тільки 7. За минулий період зникли цілі великі таксони: *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Mysidacea*, *Decapoda* та *Cirripedia*. Показано, що двостулкові молюски *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Cerastoderma glaucum* (Bruguiere, 1789) та *Abra segmentum* (Recluz, 1843) як раніше, так і зараз є ключовими видами макрозообентосу лиману. Нині на частку цих молюсків припадає 70,4 % чисельності всього макрозообентосу і 93,5 % його біомаси. Зауважено потенційну загрозу існуванню одного з ключових видів макрозообентосу лиману *M. lineatus*, що надходить від інвазійного двостулкового молюска *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842), який вселився в цю водойму в 2021 р.

Ключові слова: Тилігульський лиман, макрозообентос, видовий склад, кількісні параметри, багаторічна динаміка.

Лимани є внутрішніми зазвичай мілководними водоймами, які розташовані на узбережжі і з'єднані з морем каналами, що залишаються відкритими, принаймні, періодично [23]. Ці водойми відіграють важливу роль у житті людини, оскільки надають їй такі екосистемні послуги, як виробництво продовольства, включно з рибальством і аквакультурою, водний транспорт та рекреація [16, 26, 32]. Деякі лимани є своєрідними резерватами для видів, які зникли з прибережних ділянок моря. Так, у 1960-х роках домінуючим видом у прибережній зоні Одеської затоки була багаторічна бура водорість *Cystoseira barbata* (Stackhouse) C. Agardh, 1820. Однак нині вона збереглася лише у Тилігульському лимані [5].

Відомо, що лимани, які зазвичай розташовані на межі між сушею і морем, є високоевтрофними водоймами, які зазнають постійного антропогенного впливу, зокрема забруднення побутовими, промисловими та

сільськогосподарськими стоками [18, 19—21, 25]. При цьому деякі представники зообентосу цих водойм виявилися одними з найбільш ефективних індикаторів, здатних реагувати на різні рівні антропогенного стресу та забруднення [22, 27, 28]. Крім того, донні безхребетні відіграють важливу роль у процесах кругообігу речовини і енергії у водоймі завдяки своїй фільтраційній активності, участі у харчових ланцюгах, а також біотурбації донних осадов [17, 24, 33].

У Північному Причорномор'ї на ділянці узбережжя між річками Дунай та Дніпро знаходиться 21 лиман [5]. Одним із найбільших з них є Тилігульський лиман, який розташований на кордоні Миколаївської та Одеської областей за 60 км на північний схід від Одеси. Лиман являє собою витягнуту з півночі на південь водойму завдовжки більше 60 км, яка з'єднана з Чорним морем штучно проритим у пересипу каналом завдовжки близько 3,5 км. Максимальна ширина лиману становить близько 4,5 км. Площа його водної поверхні приблизно дорівнює 129 млн. м², а загальний об'єм вод — близько 693 млн. м³ [13].

Основними факторами формування водного режиму лиману є водообмін з морем через канал, опади, випаровування з поверхні та стік р. Тилігул. У зв'язку з періодичними коливаннями показників водного балансу солоність води у лимані може змінюватись в досить широких межах з 8,6 до 21,0 ‰ [1, 5]. На прибережних ділянках лиману ґрунти представлені пісками і замуленими пісками з домішками частинок черепашок молюсків, в середній частині водойми переважають чорні мули [5].

Систематичні дослідження стану зообентосу Тилігульського лиману було розпочато у 40—50-х роках ХХ ст. С.Б. Грінбартом. В цей період у бентосі лиману було виявлено 32 види безхребетних [3, 4]. У 1970—1980 рр. у зообентосі лиману було виявлено 60 видів безхребетних. З них до Annelida належали 17 видів, до Arthropoda — 30 та до Mollusca — 13 [8]. У 1990-х роках у лимані було виявлено 43 види макрзообентосу [5]. На початку нинішнього століття у бентосі було зареєстровано 35 видів безхребетних, а саме: Annelida — 10, Arthropoda — 14, Mollusca — 6, інших — 5 [14].

Мета даної роботи полягала у визначенні характеру багаторічної динаміки видового складу та кількісних характеристик макрзообентосу Тилігульського лиману за допомогою порівняння даних, отриманих попередніми дослідниками із сучасними показниками.

Матеріал і методика досліджень

Матеріалом для роботи послужили проби макрзообентосу, які були відібрані у Тилігульському лимані у 2024 р. Проби збирали двічі на рік навесні (травень) та восени (вересень) на 16 станціях, які були рівномірно розташовані по акваторії лиману. Відбір проб здійснювали водолази за допомогою металевої рамки розміром 10×10 см, обтягнутої млиновим газом. На кожній станції було взято три рамки.

Зібрані проби фіксували 4 %-вим розчином формальдегіду та доставляли до лабораторії. Надалі отриманий матеріал промивали через систе-

му ґрунтових сит з мінімальним розміром вічка 0,5 мм. Відібраних безхребетних визначали до виду, підраховували та зважували. Для аналізу видової структури макрозообентосу використовували показник зустрічальності видів (P , %), що визначається як відношення кількості проб, де зареєстрований вид до їх загальної кількості у відсотках. При цьому види частота зустрічальності яких була від 75 до 100% вважалися характерними, від 50 до 75 % — постійними, від 25 до 50 % — рідкісними і менше 25 % — випадковими. Порівняння видового складу макрозообентосу лиману у різні періоди досліджень проводили з допомогою коефіцієнта спільності видів Чекановського — Серенсена [9]. Для опису кількісних параметрів виявлених видів макрозообентосу використовували загальноприйняті показники чисельності (N , екз/м²) і біомаси (B , г/м²).

Результати досліджень та їх обговорення

У 2024 р. температура води в Тилігульському лимані коливалася в межах від 15,2 до 22,4 °С, а солоність — від 26,1 до 36,7 ‰. У складі макрозообентосу цього лиману було виявлено 20 видів безхребетних, які відносяться до наступних надвидових таксонів: Polychaeta, Cumacea, Isopoda, Amphipoda, Gastropoda, Bivalvia, Chironomidae. За кількістю зареєстрованих видів перевага була у багатощетинкових черв'яків, двостулкових молюсків та різноногих ракоподібних. При цьому на частку Polychaeta та Bivalvia припадало по п'ять видів, а на частку Amphipoda — чотири. Інші таксони були представлені одним або двома видами (рисунок).

Порівняння видового складу макрозообентосу Тилігульського лиману у 2024 р. з даними, які були отримані раніше (1980—1983 рр.) іншими дослідниками, свідчить про значне зменшення видового багатства макрозообентосу, що відбулося протягом більш ніж 40 років. Кількість видів, що входять до складу макрозообентосу лиману, скоротилася з 56 у 1980—1983 рр. [7] до 20 — у 2024 р. Коефіцієнт спільності видів Чекановського — Серенсена при порівнянні цих періодів досліджень становить 0,37.

Систематичний склад макрозообентосу Тилігульського лиману змінився за цей період в основному внаслідок зникнення видів, що раніше мешкали тут. Крім того, останнім часом склад макрозообентосу поповнився деякими раніше відсутніми видами. За минулі роки зміни складу макрозообентосу лиману відбулися не лише на видовому рівні, а й на рівні вищих таксонів. Так, у 1980—1983 рр. у складі макрозообентосу лиману налічувалось 12 надвидових таксонів безхребетних [7], а до 2024 р. їх залишилось лише 7. За минулий період зникли Turbellaria, Oligochaeta, Mysidacea, Decapoda і Cirripedia.

У 2024 р. кількісні показники спільних надвидових таксонів безхребетних порівняно з 1980—1983 рр. змінилися незначно (табл. 1). Нині, як і раніше, в складі макрозообентосу Тилігульського лиману молюски займають домінуюче положення. Їхня чисельність змінилася незначно, а біомаса зросла більш ніж утричі. Однак відносна біомаса залишилася на колишньому рівні. Щодо поліхет, то їхня відносна біомаса зменшилася більш ніж удвічі. У амфіпод та хірономід зросли як абсолютні, так і

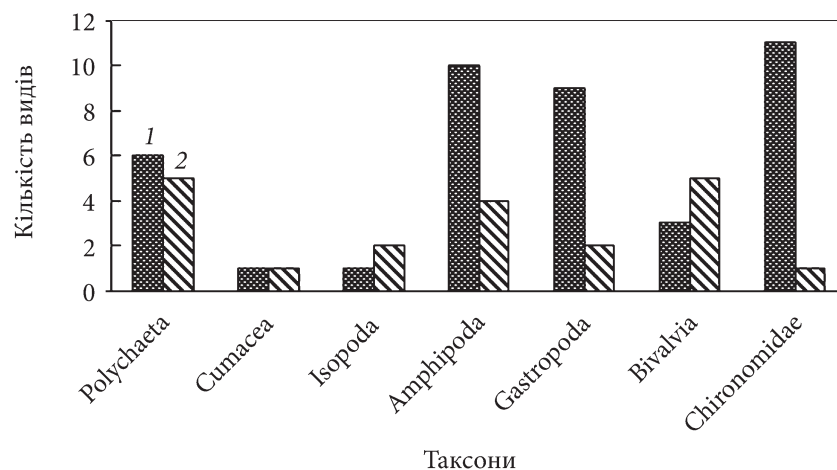


Рисунок. Кількість видів кожного таксону в складі макрозообентосу Тилігульського лиману у 1980—1983 рр. (1 — за даними [7]) та у 2024 р. — (2)

відносні кількісні показники. Параметри кумових ракоподібних залишилися приблизно на колишньому рівні (див. табл. 1).

Загальна кількість видів поліхет у лимані мало змінилася упродовж значного часового проміжку, проте якісний склад цієї групи зазнав певної трансформації (див. рисунок). До 2024 р. з шести видів поліхет збереглися лише три: *Alitta succinea* (Leuckart, 1847), *Polydora cornuta* Bosc, 1802 та *Spio filicornis* (Müller, 1776). Такі види як *Salvatoria clavata* (Claparede, 1863), *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776) та *Fabricia stellaris* (Müller, 1774) зникли, а замість них з'явилися *Harmothoe imbricata* (Linnaeus, 1767) та *Lagis neopolitana* (Claparede, 1869).

Кумові ракоподібні як раніше, так і зараз представлені одним видом — *Irphinoe maeotica* Sowinskyi, 1893. До представників рівноногих ракоподібних *Idotea balthica* (Pallas, 1772), що раніше мешкали у лимані, в теперішній час додався ще один вид — *Lekanesphaera monodi* (Arcangeli, 1934). З десяти видів різноногих ракоподібних до 2024 р. залишилося лише чотири, а саме: *Gammarus aequicauda* (Martynov, 1931), *Dexamine spinosa* (Montagu, 1813), *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853 та *Corophium volutator* (Pallas, 1766). З десяти видів черевоногих молюсків нині залишилися лише два — *Pusillina lineolata* (Michaud, 1830) та *Hydrobia acuta* (Drarnaud, 1805). До двостулкових молюсків *Cerastoderma glaucum* (Bruguiere, 1789), *Abra segmentum* (Recluz, 1843) і *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), що раніше мешкали в лимані, до 2024 р. додалися *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 і *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842). З одинадцяти видів хірономід залишився лише один — *Chironomus salinarius* Kieffer, 1915.

Середня чисельність, біомаса та частота зустрічальності цих видів макрозообентосу у Тилігульському лимані за минулий період змінилися

по-різному. Так, чисельність домінуючого виду двостулкового молюска *M. lineatus* зросла на порядок ($12\,567 \pm 3561$ екз/м²), біомаса — більш ніж удвічі ($1322,01 \pm 456,32$ г/м²), а частота трапляння, як і раніше, залишилась на рівні 100 %. Інший двостулковий молюск — *S. glaucus*, навпаки, знизив свої кількісні параметри та частоту трапляння більш ніж удвічі (543 ± 168 екз/м², $374,18 \pm 92,3$ г/м², $P = 36,8$ %). Кількісні показники різноногого ракоподібного *D. spinosa* та хірономіди *Ch. salinarius* підвищилися на порядок. Чисельність дрібного червоногого молюска *H. acuta* зросла в 5 разів, а біомаса збільшилася на порядок. Кількісні показники інших видів за минулий час змінилися незначно.

За минулий період відбулися деякі зміни серед основних трофічних груп макрозообентосу Тилігульського лиману (табл. 2). Так, кількість сестонофагів збільшилася за рахунок вселення в лиман інвазійного виду двостулкових молюсків *A. senhousia*. При цьому відносна кількість видів цієї трофічної групи збільшилася більш ніж утричі. Трофічні групи детритофагів і фітофагів, які раніше були домінуючими за кількістю видів [7], до 2024 р. знизили ці показники більш ніж у 3 рази. При цьому відносна кількість видів цих трофічних груп змінилася незначно. З хижих безхребетних

Таблиця 1
Чисельність та біомаса спільних надвидових таксонів макрозообентосу Тилігульського лиману у 1980—1983 рр. (за даними [7]) та у 2024 р.

Надвидові таксони	Чисельність			Біомаса			
	екз/м ²		%*	г/м ²		%*	
	1981—1983 рр.	2024 р.		1981—1983 рр.	2024 р.		
Polychaeta	814	599	5,49	3,22	6,49	1,20	0,50
Amphipoda	771	1383	5,19	7,45	1,31	0,24	0,37
Cumacea	42	49	0,29	0,26	0,01	0,002	0,008
Mollusca	13058	15752	87,8	84,9	531,4	98,5	99,03
Chironomidae	181	774	1,23	4,17	0,51	0,09	0,10

* Частка у загальних показниках.

у 2024 р. у лимані залишився лише один вид поліхет *H. imbricata*. Що стосується трофічної групи поліфагів, то за минулий період як абсолютна, так і відносна кількість видів, що входять до неї, зменшилася в півтора рази.

Аналіз отриманого матеріалу показав, що два види двостулкових молюсків — *C. glaucum* і *M. lineatus* — як раніше, так і зараз найбільш поширені в Тилігульському лимані. У 1981 р. вони формували в лимані два основні донні біоценози. В цей період біоценоз *C. glaucum* займав значну площу дна в північній частині лиману, частка домінантного виду тут становила 10,3 % за чисельністю та близько 85 % за біомасою. Біоценоз *M. lineatus* був розташований у південній частині водойми, частка його домінантного виду становила 16,6 % за чисельністю та 91,4 % за біомасою [7]. Як показали проведені у 2024 р. дослідження, в теперішній час більшу частину дна Тилігульського лиману займає біоценоз *M. lineatus*, в якому домінантний вид становить 63 % за чисельністю і 72,6% за біомасою. Двостулковий молюск *C. glaucum* у цьому біоценозі присутній в якості субдомінанта.

Ці два представники *Bivalvia*, а також широко поширений у лимані як раніше, так і зараз, двостулковий молюск *A. segmentum* є ключовими видами макрзообентосу цієї водойми. Вони відрізняються не тільки високою частотою трапляння, а й значно перевищують за кількісними показниками інші види макрзообентосу лиману. Нині на частку цих молюсків припадає 70,4 % чисельності всього макрзообентосу Тилігульського лиману і 93,5 % його біомаси. Інший двостулковий молюск *M. galloprovincialis*, який наприкінці ХХ ст. був поширений у лимані [15], зараз відноситься до випадкових видів.

Останнім часом, як вже було зазначено, кількість двостулкових молюсків Тилігульського лиману збільшилася за рахунок вселення інвазійного виду *A. senhousia*. Цей вид, так само як і *M. lineatus*, є представником ряду *Mytilida*, род. *Mytilidae*. Вперше у Чорному морі він був знайдений біля берегів Румунії на початку ХХІ ст. [29]. За минулий час цей молюск значно поширився не тільки в північно-західній частині Чорного

Таблиця 2

Кількість видів різних трофічних груп макрзообентосу Тилігульського лиману в 1980—1983 рр. (за даними [7]) та у 2024 р.

Трофічні групи	Кількість видів		Відносна кількість видів, %	
	1980—1983 рр.	2024 р.	1980—1983 рр.	2024 р.
Сестонофаги	3	4	6,3	21,1
Детритофаги	22	7	45,8	36,8
Фітофаги	11	3	22,9	15,8
Хижаки	6	1	12,5	5,2
Поліфаги	6	4	12,5	21,1

моря, а й у деяких лиманах. У Тилігульському лимані він вперше був відмічений у 2021 р. [34]. Основною особливістю цього молюска є те, що він відноситься до видів-опортуністів, які характеризуються високою плодючістю, швидкими темпами росту і здатністю захоплювати нові місця мешкання за допомогою розселення своїх личинок, які спроможні тривалий час перебувати в товщі води [30]. Осілі особини *A. senhousia* здатні утворювати щільні скупчення, які повністю покривають субстрат у вигляді своєрідних матів. Всі малорухливі безхребетні, і серед них *M. lineatus*, які опинилися під цими щільними матами, приречені на загибель через припинення водообміну з навколишнім середовищем [31]. Усі екземпляри *A. senhousia* Тилігульського лиману були знайдені серед щіток, сформованих *M. lineatus*. Отже, якщо цей інвазійний вид в найближчому майбутньому активно розвиватиметься в Тилігульському лимані, то він становитиме певну загрозу одному з ключових видів двостулкових молюсків цієї водойми — *M. lineatus*.

Як показав аналіз зібраного матеріалу, за час, що минув з першого виявлення, інвазійний вид *A. senhousia* значно поширився в акваторії лиману. Так, якщо у 2021 р. він був виявлений лише в районі лиману, що примикає до виходу з'єднувального каналу з морем, то у 2024 р. він зустрічався серед щіток *M. lineatus* майже у всій південній частині цієї водойми. Однак, незважаючи на таке значне поширення, цей інвазійний вид досі не сформував повноцінну популяцію в лимані. Справа в тому, що серед знайдених екземплярів не було статевозрілих особин. Мінімальна довжина черепашки цього молюска становила 3,2 мм, а максимальна — 19,0 мм, яка була виявлена лише в одного екземпляра. Близько 78 % від загальної кількості становили особини, які мали довжину черепашки від 3,7 до 11,2 мм. Тобто, всі знайдені в лимані екземпляри *A. senhousia* виявилися молоддю, яка ще не досягла статевої зрілості. Поширення цього виду в Тилігульському лимані, вірогідно, здійснювалось завдяки личинкам, які потрапляють до його акваторії з моря через з'єднувальний канал.

У 1981 р. субдомінантом біоценозу *M. lineatus* в Тилігульському лимані був голландський краб *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841), чисельність якого становила 990 екз/м², а частота трапляння досягала 100 %. Крім того, в цей період в лимані мешкали такі представники десятиногих ракоподібних, як креветки *Palaemon elegans* Rathke, 1837 та *P. adspersus* Rathke, 1837. Розташовані на дні різні тверді субстрати, зокрема й черепашки двостулкових молюсків, були покриті будиночками вусоногих ракоподібних *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) [7]. Нині ці види відсутні в Тилігульському лимані. Справа в тому, що личинки цих ракоподібних на ранніх стадіях розвитку дуже чутливі до впливу різних забруднюючих речовин [6]. Очевидно, погіршення якості води в лимані за минулі роки призвело до зникнення цих видів ракоподібних.

Зміни, зазначені в 2024 р. у видовому складі макрозообентосу Тилігульського лиману порівняно з 1981—1983 рр., вірогідно, пов'язані з деякими негативними явищами, які відбуваються в лимані. Так, в акваторії Тилігульського лиману регулярно спостерігаються процеси «цвітіння»

води, зумовлені бурхливим розвитком одноклітинних планктонних мікродоростей [11]. Влітку в лимані часто формується вертикальна стратифікація вод, до того ж високий рівень евтрофікації цієї водойми також є фактором виникнення дефіциту кисню в придонному шарі води [12]. Формування гіпоксії (насичення води киснем менше 20 %) та значна концентрація амонійного азоту (до 0,323 мг/дм³) свідчать про нестабільність гідрохімічного режиму Тилігульського лиману [5]. З цим також пов'язані локальні явища замору, які влітку часто відбуваються в чорноморських лиманах [10]. Так, протягом аномально спекотного, з великою кількістю атмосферних опадів, літа 2010 р. в лимані внаслідок замору було зафіксовано неодноразові випадки масової загибелі риб. У різних районах лиману локальні явища замору спостерігалися також влітку 1999, 2000, 2001, 2006 та 2007 рр. [12]. Наслідки регулярних заморів негативно відбиваються на якості вод лиману, що також впливає на розвиток донних безхребетних.

В таких умовах зазвичай виживають еврибонтні види безхребетних, які можуть витримувати несприятливі умови існування. В результаті аналізу отриманих даних було відмічено характерну особливість видової структури макрозообентосу Тилігульського лиману, що сформувалася до 2024 р., яка полягає в тому, що кожен виявлений рід був представлений лише одним видом. Очевидно, внаслідок міжвидової конкуренції у складі макрозообентосу лиману залишилися лише найбільш пристосовані до конкретних умов мешкання види.

Виявлена нині, порівняно з минулими періодами досліджень, тенденція до зменшення видового багатства макрозообентосу є характерною не тільки для Тилігульського лиману, а й для інших лиманів північного Причорномор'я. Особливо яскраво ця тенденція проявилася у закритих водоймах, позбавлених водообміну з морем. Так, за минулі більш ніж 40 років видове багатство макрозообентосу Хаджибейського лиману скоротилося майже в 7 разів. У таксономічному багатстві макрозообентосу групи Тузлівських лиманів, серед яких найбільшими є Бурнас, Алібей і Шагани, також відбулися аналогічні, хоч і не такі значні зміни. В теперішній час порівняно з початком ХХІ ст. видове багатство макрозообентосу цих водойм зменшилося у півтора рази [2].

Висновки

Проведені дослідження показали, що за останніх понад 40 років стан макрозообентосу Тилігульського лиману суттєво змінився. Зі складу макрозообентосу зникли 36 видів безхребетних. Причому це скорочення відбулося не лише на видовому рівні, а й на рівні вищих таксонів. З 12 надвидових таксонів безхребетних, представлених у лимані раніше, на сьогодні залишилося тільки 7. За минулий період зникли *Turbellaria*, *Oligochaeta*, *Mysidacea*, *Decapoda* і *Cirripedia*.

В теперішній час, як і раніше, в макрозообентосі лиману ключовими видами є двостулкові молюски *M. lineatus*, *C. glaucum* та *A. segmentum*. Нині на частку цих молюсків припадає 70,4 % чисельності всього макро-

зообентосу лиману і 93,5 % його біомаси. Раніше перші два види формували відповідні біоценози у південній та північній частинах лиману. Тепер більшу частину дна Тилігульського лиману займає біоценоз *M. lineatus*, в якому двостулковий молюск *C. glaucus* присутній як субдомінант. Ці молюски відносяться до трофічної групи сестонофагів, відносна кількість видів в якій за досліджуваний період збільшилася більш ніж утричі.

Інвазійний двостулковий молюск *A. senhousia*, який вселився в Тилігульський лиман у 2021 р., через свої опортуністичні здібності може становити певну загрозу існуванню одного з ключових видів макрозообентосу лиману — *M. lineatus*.

Список використаної літератури

1. Адобовский В.В. Современные процессы высыхания и осолонения лиманов с ограниченным водообменом: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічні проблеми Чорного моря» (Одеса, 31 жовт. — 1 лист., 2002). Одеса: ОЦНТЕІ, 2002. С. 3—8.
2. Варігін О.Ю. Тенденція зменшення видового багатства зообентосу лиманів північного Причорномор'я. Перспективи гідроекологічних досліджень в контексті локальних та глобальних наслідків ведення воєнних дій: зб. матеріалів ІХ з'їзду Гідроекол. тов-ва України (Дніпро, 18—20 вер. 2024 р.). Дніпро, 2024. С. 39—41.
3. Гринбарт С.Б. К изучению зообентоса Тилигульского лимана и его кормовых ресурсов. *Одес. гос. ун-т. Сборник биол. ф-та*. 1953. № 4. С. 85—105.
4. Гринбарт С.Б. Зообентос лиманов северо-западного Причерноморья и смежных с ними участков моря: автореф. дис... докт. биол. наук. Одесса, 1967. 52 с.
5. Зайцев Ю.П., Александров Б.Г., Миничева Г.Г. и др. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология. Киев: Наук. думка, 2006. 700 с.
6. Макаров Ю.Н. Десятиногие ракообразные. Фауна Украины. Киев: Наук. думка, 2004. Т. 26, вып. 1—2. 429 с.
7. Мороз Т.Г. Макрозообентос лиманов и низовьев рек северо-западного Причерноморья. Киев: Наук. думка, 1993. 188 с.
8. Мороз Т.Г., Алексенко Т.Л., Борткевич Л.В., Соболенко А.З. Бентос Тилигульского лимана. *Гидробиол. журн.* 1986. Т. 22, № 4. С. 31—35.
9. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва: Наука, 1982. 287 с.
10. Старушенко Л.И., Бушуев С.Г. Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. Одесса: Астропринт, 2001. 152 с.
11. Теренько Л.М. Планктонные микроводоросли Тилигульского лимана. Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу. 2005. № 12. С. 622—631.
12. Тучковенко Ю.С., Адобовский В.В., Тучковенко О.А., Гриб О.Н. Современный гидрологический режим и динамика вод Тилигульского лимана. *Укр. гідрометеорол. журн.* 2011. № 9. С. 192—209.
13. Тучковенко Ю.С., Кушнір Д.В. Моделювання вітрової циркуляції вод у Тилігульському лимані. *Вісн. Одес. держ. екол. ун-ту*. 2013. № 16. С. 149—158.
14. Тучковенко О.А., Синегуб І.А. Характеристика макрозообентоса Тилігульського лимана: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан, проблеми водного та екологічного менеджменту та шляхи їх вирішення». (Одеса, 1—3 жовт. 2014 р.) Одеса: ОДЕКУ, 2014. С. 46—48.
15. Улізко І.В. Молюски зообентосу пониззя Тилігульського лиману. *Вісн. ОНУ*. 2003. № 8 (6). С. 82—88.
16. Basset A., Elliott M., West R.J., Wilson J.G. Estuarine and lagoon biodiversity and their natural goods and services. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 2013. N 132. P. 1—4.

17. Bertics V.J., Ziebis W. Bioturbation and the role of microniches for sulfate reduction in coastal marine sediments. *Environ. Microbiol.* 2010. Vol. 12, N 11. P. 3022—3034.
18. Carvalho S., Pereira P., Pereira F. et al. Factors structuring temporal and spatial dynamics of macrobenthic communities in a eutrophic coastal lagoon (Obidos lagoon, Portugal). *Mar. Environ. Res.* 2011. Vol. 71, N 2. P. 97—110.
19. Daby D. Current patterns and the distribution of benthic habitats in a coastal lagoon of Mauritius. *Hydrobiologia.* 2006. Vol. 556, N 1. P. 47—60.
20. Derolez V., Bec B., Munaron D. et al. Recovery trajectories following the reduction of urban nutrient inputs along the eutrophication gradient in French Mediterranean lagoons. *Ocean and Coastal Management.* 2019. N 171. P. 1—10.
21. Giampaolletti J., Galli S., Gravina M.F. et al. To change or not to change: macrozoobenthic community variation versus persistence in Tortoli lagoon (Sardinia, Italy). *Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 2025. 313. 109067.
22. Giangrande A., Gravina M.F. Brackish-water polychaetes, good descriptors of environmental changes in space and time. *Transitional Waters Bulletin.* 2015. Vol. 9, N 1. P. 42—55.
23. Jones A.G., Schaal G., Boye A. et al. Disentangling the effects of eutrophication and natural variability on macrobenthic communities across French coastal lagoons. *Peer Community Journal.* 2024. 4: e112.
24. Kristensen E., Penha-Lopes G., Delefosse M. et al. What is bioturbation? The need for a precise definition for fauna in aquatic sciences. *Marine Ecology Progress Series.* 2012. N 446. P. 285—302.
25. Lacoste E., Jones A., Callier M. et al. A review of knowledge on the impacts of multiple anthropogenic pressures on the soft-bottom benthic ecosystem in Mediterranean coastal lagoons. *Estuaries and Coasts.* 2023. Vol. 46, N 8. P. 2190—2207.
26. Levin L.A., Boesch D.F., Covich A. et al. The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity. *Ecosystems.* 2001. Vol. 4, N 5. P. 430—451.
27. Magni P. Biological benthic tools as indicators of coastal marine ecosystems health. *Chemistry and Ecology.* 2003. Vol. 19, N 5. P. 363—372.
28. Marzano C.N., Liaci L.S., Fianchini A. et al. Distribution, persistence and change in the macrobenthos of the lagoon of Lesina (Apulia, southern Adriatic Sea). *Oceanologica Acta.* 2003. Vol. 26, N 1. P. 57—66.
29. Micu D. First record of *Musculista senhousia* (Benson in Cantor 1842) from the Black Sea : abst. Intern. symp. of Malacology. (19—22 August 2004. Sibiu, Romania). Sibiu, 2004. P. 47.
30. Mistri M. Ecological characteristics of the invasive Asian date mussel *Musculista senhousia* in the Sacca di Goro (Adriatic Sea, Italy). *Estuaries.* 2002. Vol. 25, N 3. P. 431—440.
31. Mistri M. Effect of *Musculista senhousia* mats on clam mortality and growth: much ado about nothing? *Aquaculture.* 2004. Vol. 241. P. 207—218.
32. Perez-Ruzafa A., Marcos C., Perez-Ruzafa I.M. Recent advances in coastal lagoons ecology: evolving old ideas and assumptions. *Transitional Waters Bulletin.* 2011. N 5. P. 50—74.
33. Snelgrove P.V.R., Thrush S.F., Wall D.H., Norkko A. Real world biodiversity—ecosystem functioning: a seafloor perspective. *Trends in Ecology & Evolution.* 2014. Vol. 29, N 7. P. 398—405.
34. Varigin A. Asian date mussel *Arcuatula senhousia* captures estuarine habitats in Ukrainian Black Sea waters: book of abstr. Joint ESENIAS and DIAS Sci. Conf. and 12th ESENIAS Workshop «Globalisation and invasive alien species in the Black Sea and Mediterranean regions — management challenges and regional cooperation» (Varna, 11—14 October, 2023). Varna, 2023. P. 54.

Надійшла 2.03.2025

A. Yu. Varigin, Dr. Sci. (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Marine Biology of the NAS of Ukraine,
Pushkinska St., 37, Odesa, Ukraine,
e-mail: sealife_1@email.ua

MULTI-ANNUAL DYNAMICS OF THE MACROZOOBENTOS CONDITION IN
THE TYLIGUL ESTUARY (NORTHERN BLACK SEA)

The analysis of long-term changes in the qualitative composition and quantitative parameters of the macrozoobenthos of the Tyligul estuary, which have occurred over the past more than 40 years, has been conducted. It has been shown that of the 56 species of benthic invertebrates that previously inhabited the estuary, only 20 remain now. It has been noted that of the 12 higher taxa of invertebrates previously represented in the estuary, only 7 remain now. Over the past period, such taxa as Turbellaria, Oligochaeta, Mysidacea, Decapoda and Cirripedia have disappeared. It has been shown that the bivalve mollusks *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Cerastoderma glaucum* (Bruguiere, 1789) and *Abra segmentum* (Recluz, 1843) are both previously and currently key species of the estuary macrozoobenthos. Currently, these mollusks account for 70.4 % of the total macrozoobenthos abundance and 93.5 % of its biomass. A potential threat to the existence of the key macrozoobenthos species *M. lineatus*, was noted, coming from the invasive bivalve mollusk *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842), which settled in this estuary in 2021.

Key words: Tyligul estuary, macrozoobenthos, species composition, quantitative parameters, long-term dynamics.