

УДК 551.468.3(262.5)

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

ВПЛИВ РІЧКОВОГО СТОКУ І ЗМІНИ СОЛОНОСТІ НА СКЛАД ПРИБЕРЕЖНОГО УГРУПОВАННЯ ОБРОСТАННЯ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Досліджено вплив трансформованих річкових вод, що надходять у північно-західну частину Чорного моря з Дніпро-Бузького лиману, на склад і кількісні параметри прибережного угруповання обростання, розташованого на шляху їх поширення. Відзначено, що видове багатство угруповання і частка видів у біомасі, крім двостулкових молюсків, збільшуються у міру віддалення від гирла Дніпро-Бузького лиману в сторону Одеської затоки. Наведено дані про зміну таксономічної структури угруповання у градієнті солоності. Оцінено рівень його стабільності на різних ділянках дослідженої акваторії за допомогою індексного підходу та АВС-методу. Показано послаблення стресового впливу трансформованих річкових вод на прибережне угруповання обростання з віддаленням від гирла Дніпро-Бузького лиману.

Ключові слова: угруповання обростання, трансформовані річкові води, градієнт солоності, Чорне море.

Відомо, що північно-західна частину Чорного моря знаходиться під значним впливом стоку таких великих річок, як Дунай, Дністер, Дніпро і Південний Буг. Хоча стік Дунаю більш ніж втричі перевищує стік Дніпра і Південного Бугу, найбільший вплив на біоту акваторії, розташованої між гирлом Дніпро-Бузького лиману і Одеською затокою, надають трансформовані води саме цих двох річок. Напрямок їх поширення збігається з напрямком основної кругової течії у Чорному морі вздовж берега проти годинникової стрілки. Води, що надходить з Дніпро-Бузького лиману, трансформуються, розтікаючись тонким шаром по поверхні моря. Періодично ці трансформовані дніпровські води досягають Одеської затоки, у той час як поширення дністровських вод обмежується районом Санжейського маяка [2].

Солоність морської води є одним з найважливіших абіотичних чинників, що впливають на структуру водних угруповань [13]. Найбільшою

Ц и т у в а н н я: Варігін О.Ю. Вплив річкового стоку і зміни солоності на склад прибережного угруповання обростання північно-західної частини Чорного моря. *Гідробіол. журн.* 2020. Т. 56. № 5. С. 19—27.

мірою вона впливає на прибережні угруповання обростання, розташовані у зонах на шляху поширення трансформованих річкових вод. Угруповання обростання є надорганізменним утворенням, сформованим з популяцій різних видів, властивості яких не визначаються сумою властивостей окремих особин [10]. Такі утворення формуються навколо домінуючої життєвої форми угруповання, яка виступає його едіфікатором.

Як відомо, у Чорному морі едіфікатором угруповання обростання є двостулковий молюск мідія *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, який у дорослому стані веде прикріплений спосіб життя [1]. Розселяється цей молюск на стадії планктонної личинки, що розноситься течіями на значні відстані. Осілі на твердий субстрат личинки мідії закріплюються і починають активно рости, витісняючи всіх топічних конкурентів [4]. У процесі формування своїх поселень ці молюски проявляють середовище-утворюючі властивості, збільшуючи просторову неоднорідність і формуючи навколо себе певну інфраструктуру, сприятливу для мешкання інших організмів [11]. При цьому види, що входять до угруповання обростання, тією чи іншою мірою пов'язані між собою різними біотичними зв'язками [5].

Метою роботи було виявлення закономірностей формування складу чорноморського прибережного угруповання обростання з домінуванням мідій в умовах зміни солоності, викликаній надходженням у море дніпровських вод на ділянці від гирла Дніпро-Бузького лиману до Одеської затоки.

Матеріал і методика досліджень

У межах морської акваторії, де відбувається трансформація річкових вод, було обрано три дослідних полігони на різній відстані від гирла Дніпро-Бузького лиману. Перший з них знаходиться під безпосереднім впливом річкового стоку, розташований біля мису Аджіаск, другий — біля села Григорівка на південь від гирла Григорівського лиману, третій — у районі Біостанції Одеського Національного університету в Одеській затоці.

На кожному полігоні в усі сезони 2017 р. на постійних станціях на глибині 3,5 м відбирали по чотири проби обростання природних твердих субстратів за допомогою металевої рамки розміром 10×10 см, обтягнутої млиновим газом. Всього було зібрано 48 проб. При цьому вимірювали температуру і солоність поверхневих і придонних вод. Відібраних безхребетних ідентифікували до виду, підраховували і зважували.

Для аналізу видової структури обростання використовували показник зустрічальності видів, який визначається як відношення кількості проб, де зареєстрований вид, до їх загальної кількості. При цьому постійними вважалися лише види, зустрічальність яких у три або більше рази перевищувала її похибку, що визначається згідно з формулою Л.А. Животовського [6]. Види, які не відповідали цьому критерію, визнавалися рідкісними або випадковими.

Видовий склад угруповань на полігонах порівнювали за допомогою коефіцієнта Чекановського-Серенсена [9], різноманіття визначали за індексом Сімпсона, вирівняність — за індексом Пієлу, аспект видового багатства — за індексом Маргалєфа [8]. Для індикації порушень у структурі досліджуваних угруповань застосовували АВС-метод [16]. При цьому на додаток до графічної інформації визначали цифровий індекс W , запропонований у [14].

Результати досліджень та їх обговорення

Вздовж поширення трансформованих річкових вод від гирла Дніпро-Бузького лиману у напрямку Одеської затоки формується певний градієнт солоності. Навесні 2017 р. на полігоні Аджіаск солоність поверхневого шару води становила 8,8 ‰, а придонного — 11,8 ‰, температура відповідно 10,2 і 9,0 °С. На полігонах Григорівка і Біостанція солоність поверхневого і придонного шарів була відповідно 13,5—14,7 ‰ і 16,4—16,5 ‰.

У складі прибережного угруповання обростання було виявлено 47 видів безхребетних, що відносяться до 11 таксонів вищого рангу. Таксономічна структура у межах вивчених полігонів характеризувалася тим, що відношення кількості виявлених видів до родів (S/G) у всіх випадках дорівнювало одиниці, тобто кожен виявлений рід був представлений лише одним видом. Відношення кількості родів до кількості родин (G/F) було мінімальним на полігоні Аджіаск (1,16), а максимальним — на полігоні Григорівка (1,31), на полігоні Біостанція воно становило 1,26.

Відношення на рівні вищих таксонів (родина — ряд) також змінювалося в міру віддалення від гирла Дніпро-Бузького лиману. Так, на полігоні Аджіаск відношення кількості родин до кількості рядів (F/O) становило 1,79, у районі Біостанції кількість родин була вдвічі більшою, ніж рядів. Відомо, що збіднення фауни на рівні високих таксонів є характерною особливістю угруповань, які знаходяться під впливом прісних вод і в інших морях, наприклад, у Білому [15].

За кількістю видів лідирували багатощетинкові черви, різноногі ракоподібні і двостулкові молюски. На частку кожного з цих таксонів припадало близько 20 % видового складу. Кількість видів десятиногих ракоподібних поступово зростала з віддаленням від гирла Дніпро-Бузького лиману, а червононогих молюсків — зменшувалась (табл. 1).

Досліджені полігони відрізнялися за загальною кількістю видів угруповання обростання. Найменша (29 видів) зареєстрована у найбільш опрісненому районі моря біля мису Аджіаск, дещо більше (34) відзначено у районі Біостанції, і найбільше (38) — у районі Григорівки.

Найбільша кількість спільних видів (31) відзначена для полігонів Григорівка і Біостанція, відтак вони характеризувалися найбільшим значенням коефіцієнту Чекановського-Серенсена — 0,86. Найменша схожість за цим показником зафіксована між полігонами Аджіаск і Біостанція (табл. 2).

Відмінність угруповань обростання вивчених районів моря полягала не лише у кількості видів, а й у таксономічній структурі. Одні види зустрічалися повсюдно, інші — лише на окремих полігонах. Аналіз їх зустрічальності показав, що з 47 зафіксованих видів лише 26 були постійними в угрупованні обростання у межах того чи іншого полігону. З них лише чотири — представники двостулкових молюсків *M. galloprovincialis* і *M. lineatus* (Gmelin, 1791) і рівноногих ракоподібних *Stenothoemon oculoides* (Montagu, 1815) і *Microdeutopus gryllotalpa* Costa, 1853, мали 100%-у зустрічальність.

Інші безхребетні відрізнялися різним ступенем зустрічальності. Так, з 11 видів поліхет постійними були лише шість. Всі вони ведуть активний

Таблиця 1

Таксономічна структура угруповання обростання на досліджених полігонах на полігонах Аджіяск, Григорівка і Біостанція

Таксони	n	Аджіяск		Григорівка		Біостанція	
		n	%	n	%	n	%
Hydrozoa	1	—	—	1	2,6	—	—
Anthozoa	1	1	3,5	1	2,6	—	—
Polychaeta	11	6	20,7	8	21,1	8	23,6
Bryozoa	1	—	—	1	2,6	1	2,9
Cirripedia	1	1	3,5	1	2,6	1	2,9
Decapoda	4	1	3,5	2	5,3	4	11,8
Isopoda	4	3	10,3	3	7,9	3	8,8
Amphipoda	9	7	24,1	8	21,1	8	23,6
Gastropoda	5	3	10,3	4	10,5	2	5,9
Bivalvia	8	7	24,1	7	18,4	6	17,6
Chironomidae	2	—	—	2	5,3	1	2,9
Всього	47	29	100	38	100	34	100

Таблиця 2

Видове багатство, число спільних видів і коефіцієнт спільності в угруповань обростання на різних полігонах

Полігони	Аджіяск	Григорівка	Біостанція
Аджіяск	29	0,69	0,63
Григорівка	23	38	0,86
Біостанція	20	31	34

П р и м і т к а. Жирним шрифтом — кількість видів на полігоні. Зверху від діагоналі — значення індексу Чекановського-Серенсена, знизу — кількість спільних видів.

спосіб життя. Більшість з них були представлені у межах всіх полігонів. Однак зустрічальність, наприклад, *Alitta succinea* (Leuckart, 1847) знижувалася в міру віддалення від мису Аджіаск у сторону Одеської затоки, *Nereis zonata* Malmgren, 1867 і *Platynereis dumerilii* (M. Edwards, 1834) — зростала, а *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776) було зафіксовано лише у районі Біостанції. Всі ці поліхети є характерними мешканцями чорноморського угруповання обростання [5]. Решту видів цієї групи можна віднести до випадкових. Так, *Glycera tridactyla* Schmarda, 1861 зазвичай мешкає на піщаному ґрунті, а *Lagis koreni* Malmgren, 1866 — на мулистому.

Представник вусоногих ракоподібних *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) зустрічався повсюдно. Його будиночки зазвичай розташовувалися на зовнішній поверхні черепашок мідій. Зустрічальність баянуса зростала у міру віддалення від гирла Дніпро-Бузького лиману. З десятиногих ракоподібних постійним видом на полігоні Біостанція була креветка *Athanas nitescens* (Leach, 1814). На всіх полігонах зустрічався лише голландський краб *Rhithropanopeus harrisi* (Gould, 1841), що толерантний до опріснення морської води. Решта видів десятиногих ракоподібних зустрічалась лише в Одеській затоці через чутливість до зниженої солоності, особливо на личинковій стадії розвитку [7].

Всі види ракоподібних ряду Isopoda належали до постійних. Найбільш поширеними з них були *Lekanes phaeatonodi* (Arcangeli, 1934) і *Idotea balthica* (Pallas, 1772), які є характерними видами угруповання обростання [5]. При цьому *Stenosoma capito* (Rathke, 1837) був постійним видом лише у районі Біостанції, а *Jaera sarsi* Valkanov, 1936 — на полігоні Аджіаск. Серед Amphipoda випадковим був лише один вид — *Gammarus subtypicus* Stock, 1966, виявлений на полігоні Аджіаск. Решта видів ряду були постійними в межах тих чи інших полігонів. Лише два з них *Amphithoera mondi* Audouin, 1826 і *Ericthonius difformis* M. Edwards, 1830 не були виявлені в межах полігону Аджіаск. Ці малорухливі ракоподібні, що живуть в трубчастих будиночках, чутливі до зниженої солоності води.

Серед черевонігих молюсків повсюдно зустрічався лише один вид — *Pusillina lineolata* (Michaud, 1830). Крім того, до постійних видів угруповання можна віднести *Setia valvatoides* (Milaschewitsch, 1909) і *Hydrobia acuta* (Draparnaud, 1805), а до випадкових — *Rissoa splendida* Eichwald, 1830. Всі ці чотири види зустрічалися спільно лише в районі Григорівки. П'ятий представник черевонігих молюсків *Theodoxus fluviatilis* (Linnaeus, 1758) був виявлений лише на полігоні Аджіаск. Цей вид зустрічається як у прісноводних, так і солонуватих водоймах, формуючи локальні популяції, особини яких мають різну ступінь фізіологічної адаптації до коливань солоності води. Розмножується цей молюск, відкладаючи яйцеві капсули на будь-який твердий субстрат, включаючи черепашки інших молюсків. Крім того, створенню локальних популяцій сприяє відсутність в онтогенезі *T. fluviatilis* планктонної личинки [3]. Цей молюск є індикаторним видом, його присутність свідчить про знижену солоність води.

Індикаторними видами можуть також слугувати ракоподібні *J. sarsi* і *Amphithoera mondi*. Перший з них зустрічається лише в опріснених районах моря, а другий — уникає їх.

Двостулкові молюски були представлені двома постійними видами (*M. galloprovincialis* і *M. lineatus*), які складають основу угруповання обростання. Решту видів *Bivalvia* можна вважати випадковими через те, що вони зустрічалися лише на ювенільній стадії розвитку. Дорослі особини таких видів, як *Abra segmentum* (Recluz, 1843), *Cerastoderma glaucum* (Bruguiere, 1789), *Mya arenaria* Linnaeus, 1758, *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906), *Lentidium mediterraneum* (O.G. Costa, 1830) зазвичай є мешканцями мулисто-піщаного ґрунту. Гідроїдні поліпи *Obelia longissima* (Pallas, 1766), актинії *Diadumene lineata* (Verrill, 1869), мохуватки *Conopeum seurati* (Canu, 1928), а також личинки хірономід *Thalassomyia frauenfeldi* Schiner, 1856 і *Clunio marinus* Haliday, 1855 відносилися до випадкових видів, що уникають опріснених ділянок моря. З цих безхребетних на полігоні Аджіаск була виявлена лише актинія.

Едифікатор угруповання *M. galloprovincialis* істотно перевищував усі інші види за біомасою, а його субдомінант *M. lineatus* — за чисельністю. Так, частка *M. galloprovincialis* досягала 89,2 % загальної біомаси угруповання, частка *M. lineatus* — 77,4 % чисельності (табл. 3). Таке домінування значно знижувало вирівняність розподілу видів. Індекс Піелу, розрахований за біомасою, в цьому випадку становив від 0,1477 до 0,1956. Ця обставина створює передумови для роздільного аналізу розподілу цих двостулкових молюсків та інших видів угруповання, тому АВС-метод застосовувався для всього масиву даних за винятком двостулкових молюсків.

Як впливає з даних таблиці 3, відносна біомаса інших видів угруповання (без мідії і мітілястера) поступово зростає у напрямку Аджіаск — Григорівка — Біостанція. Така зміна кількісних характеристик організмів за градієнтом солоності відзначена і в інших морях, наприклад у Білому [12]. Крім того, зі збільшенням солоності води у складі угруповання обростання з'являлися відносно крупні форми рухомих безхребетних. Так, два види найбільш великих крабів *Pilumnus hirtellus* (Linnaeus, 1761) і *Xanto poressa* (Olivier, 1792) зустрічалися лише в Одеській затоці. Ці види десятиногих ракоподібних виявилися найбільш чутливими до стресового впливу зниженої солоності.

Застосування АВС-методу для виявлення змін у структурі досліджуваного угруповання показало тенденцію до ослаблення стресового впливу трансформованих річкових вод у міру віддалення від гирла Дніпро-Бузького лиману у сторону Одеської затоки (рис. 1). Як видно з графіків, у всіх випадках криві накопиченої чисельності лежать нижче кривих накопиченої біомаси. Найбільш зближені вони у межах полігону Аджіаск. Тут стан угруповання обростання можна характеризувати як нестійкий. У міру наближення до полігону Григорівка і далі до Біостанції криві все більш розходяться, що свідчить про стабілізацію стану угруповання обростання. Відомо, що для стабільних угруповань характерна більша різноманітність чисельності, ніж біомаси [16].

Про цю ж тенденцію свідчать значення W (ABC-індексу), які з віддаленням від гирла Дніпро-Бузького лиману неухильно зростають (табл. 4). Як відомо, цей індекс є досить чутливим індикатором змін у структурі угруповань і може бути використаний при моніторингу їх відновлення після стресових впливів [14].

Застосування індексного підходу для аналізу параметрів різноманіття угруповання обростання залежно від ступеня впливу річкових вод підтвердило тенденцію, виявлену за допомогою ABC-методу. Так, значення індексу Сімпсона за чисельністю у межах всіх вивчених полігонів були практично однакові, а за біомасою — знижувалися у ряду Аджіаск — Григорівка — Біостанція (див. табл. 4). Значення індексу Маргалефа було найменшим на полігоні Аджіаск. Зазвичай значення цього індексу знижуються у разі погіршення умов існування, пов'язаного зі стресовим впливом абіотичних факторів середовища [8]. Значення індексу Піелу що

Таблиця 3
Абсолютна і відносна чисельність і біомаса *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilaster lineatus* та інших видів угруповання обростання на різних полігонах

Види	Показники	Полігони		
		Аджіаск	Григорівка	Біостанція
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	N , екз/м ²	6431	4612	2625
	N , %	5,9	4,2	8,4
	B , г/м ²	11701	14212	14455
	B , %	74,4	71,8	89,2
<i>Mytilaster lineatus</i>	N , екз/м ²	84362	86219	9626
	N , %	77,4	77,9	31,0
	B , г/м ²	3833	5163,9	738
	B , %	24,4	26,1	4,6
Інші види	N , екз/м ²	18148	19833	18798
	N , %	16,7	17,9	60,5
	B , г/м ²	201,7	419,1	1007
	B , %	1,3	2,1	6,2

Таблиця 4
Індекс різноманіття угруповання обростання вивчених полігонів

Полігони	D_N	D_B	M_N	M_B	E_N	E_B	W
Аджіаск	0,889	0,857	1,848	3,491	0,835	0,736	0,122
Григорівка	0,918	0,731	2,548	4,176	0,869	0,535	0,335
Біостанція	0,912	0,576	2,463	3,598	0,867	0,387	0,402

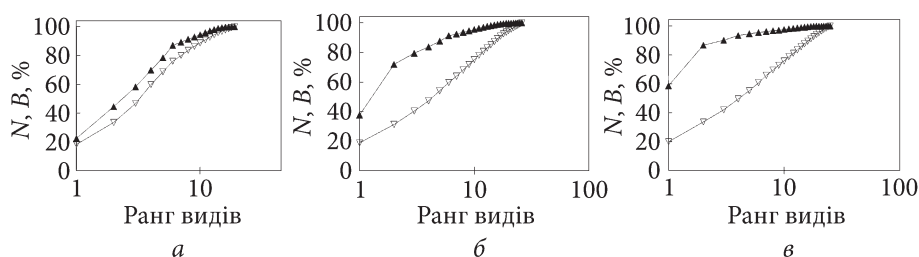


Рис. 1. Розподіл накопиченої чисельності (1) і біомаси (2) різних видів угруповання обростання на полігонах Аджіяск (а), Григорівка (б) Біостанція (в)

відображає вирівняність, розраховані за чисельністю, мало змінюються при переході від одного полігону до іншого, а розраховані за біомасою знижуються з віддаленням від гирла Дніпро-Бузького лиману.

Висновки

Трансформовані дніпровські води зниженої солоності, що надходять у Чорне море, чинять стресовий вплив на прибережні угруповання обростання, розташовані на шляху їх поширення. З віддаленням від гирла Дніпро-Бузького лиману у сторону Одеської затоки і, відповідно, збільшенням солоності вод, зростає як видове багатство угруповання, так і відносна біомаса видів, що входять до нього, без урахування двостулкових молюсків. Серед 47 зареєстрованих видів лише 26 були постійними, лише чотири з них мали стовідсоткову зустрічальність. Червоногий молюск *Theodoxus fluviatilis*, ракоподібні *Jaera sarsi* і *Ampithoera mondi* мають різну чутливість до солоності морської води і можуть служити індикаторними видами. Застосування індексного підходу та АВС-методу показало, що у районі, що безпосередньо примикає до гирла Дніпро-Бузького лиману, відбувається адаптація організмів угруповання до зниженої солоності води. У районі Одеської затоки, де вплив річкових вод найменший, стабільність цього угруповання вища.

Список використаної літератури

1. Александров Б.Г. Гидробиологические основы управления состоянием прибрежных экосистем Черного моря. Киев: Наук. думка, 2008. 343 с.
2. Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.
3. Бондарев И.П. *Theodoxus fluviatilis* (Gastropoda, Neritidae) как экологический маркер. *Мор. биол. журн.* 2016. Т. 1, № 2. С. 18–26.
4. Брайко В.Д. Обростание в Черном море. Киев: Наук. думка, 1985. 123 с.
5. Варигин А.Ю. Биотические связи в сообществе обростания Одесского залива Черного моря. *Biosystems Diversity*. 2018. № 26. С. 24–29.
6. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. М.: Наука, 1991. 127 с.
7. Макаров Ю.Н. Фауна Украины. Десятиногие ракообразные. Киев: Наук. думка, 2004. Т. 26, вып. 1–2. 429 с.
8. Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.

9. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 1982. 287 с.
10. Протасов А.А. Ценоэкоморфная структура сообщества перифитона. *Гидробиол. журн.* 1994. Т. 30, № 1. С. 10—19.
11. Cardone F., Corriero G., Fianchini A. et al. Biodiversity of transitional waters: species composition and comparative analysis of hard bottom communities from the south-eastern Italian coast. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 2013. Vol. 94. N 1. P. 25—34.
12. Chertoprud M.V., Udalov A.A., Stolyarov A.P., Borisov R.R. Diversity of macrobenthic communities in the White Sea estuaries. *Oceanology.* 2004. Vol. 44, N 6. P. 845—855.
13. Grabowska M., Kuklinski P. Spatial pattern of hydrolittoral rock encrusting assemblages along the salinity gradient of the Baltic Sea. *Hydrobiologia.* 2015. Vol. 765, N 1. P. 297—315.
14. Meire P.M., Dereu J. Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities. *J. Appl. Ecology.* 1990. Vol. 27, N 1. P. 210—223.
15. Udalov A.A., Burkovskii I.V., Mokievskii V.O. et al. Changes in the general characteristics of micro-, meio-, and macrobenthos along the salinity gradient in the White Sea estuary. *Oceanology.* 2004. Vol. 44, N 4. P. 514—525.
16. Warwick R.M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar. Biol.* 1986. Vol. 92, N 4. P. 557—562.

Надійшла 07.09.2020

A.Y. Varigin, PhD (Biol.), Senior Researcher,
Institute of Marine Biology NAS of Ukraine,
37 Pushkinska St., Odessa, 65048, Ukraine,
e-mail: sealife_1@email.ua

INFLUENCE OF RIVER RUNOFF AND CHANGE IN SALINITY ON THE
COMPOSITION OF THE COASTAL FOULING COMMUNITY IN THE
NORTHWESTERN BLACK SEA

The influence of transformed river waters entering the northwestern part of the Black Sea from the mouth of the Dnieper-Bug estuary on the composition and quantitative parameters of the coastal fouling community located along the path of their distribution was studied. The species richness of the community, as well as the relative biomass of species, increase with distance from the mouth of the Dnieper-Bug estuary towards the Odessa Bay was noted. Data on changes in the taxonomic structure of the community in the salinity gradient of sea water were presented. The level of community stability in different parts of the studied water area was estimated using the index approach and the ABC method. The tendency of easing the stressful effect of transformed river waters on the coastal fouling community to decrease with distance from the mouth of the Dnieper-Bug estuary was shown.

Keywords: fouling community, transformed river waters, salinity gradient, northwestern Black Sea.