



ПОПУЛЯЦІЙНА СТРУКТУРА МІДІЇ *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* З ДОННИХ ПОСЕЛЕНЬ В ЗОНАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ РІЧКОВОЇ ВОДИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

Стадніченко С.В. – к.б.н., с.н.с.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»

У статті наводяться результати порівняльного аналізу біомаси та чисельності, характеристик росту, продукції, виживання мідії *Mytilus galloprovincialis* Lam. з донних поселень у різних районах північно-західної частини Чорного моря, які розрізняються за ступенем впливу річкового стоку. Аналіз стану донних поселень мідій проводили за вибірками з Придунайського, Придністровського (Дністровська банка) і Придніпровсько-Бузького (мис Аджияск) пригирлових районів – з Одеського району, з Ягорлицької затоки, відкритої частини моря – в районі Філофорного поля Зернова на глибинах від 2,5 м до 30 м в 2016–2019 рр.

Найменші значення чисельності та біомаси мідій у поселеннях відзначені у Придунайському районі (1254 екз.·м⁻² і 2065 г·м⁻² відповідно), максимальні в Придністровському районі (11331 екз.·м⁻² і 6685 г·м⁻² відповідно). Середня маса мідії в поселеннях нижче в акваторіях, де рівень опріснення морської води вище. Для морських районів, що знаходяться під інтенсивним впливом трансформованих річкових вод, діапазон зміни річного *P/B*-коефіцієнта варіює від 0,62 до 1,86, в середньому складаючи 1,09. Для районів зі слабшим впливом трансформованих річкових вод річний *P/B*-коефіцієнт змінюється в діапазоні від 0,33 до 0,84, в середньому складаючи 0,56. Одержані середні значення продукційного коефіцієнта можуть бути використані в якості фонових для акваторій північно-західної частини Чорного моря з різним рівнем солоності морської води.

Мінімальні темпи росту відзначені для мідій донних поселень Філофорного поля, максимальні – з Ягорлицької затоки.

Виживаність і тривалість життя мідій у поселеннях пов'язані з умовами середовища, де стресором виступає опріснення морських вод. Низький рівень виживання, менше 36 %, характерний для опріснених районів поблизу гирл річок Дунай та Дністер. В акваторіях Одеської і Ягорлицької заток, з меншим впливом річкових вод, виживання сягає 70 %, у середньому становлячи 58,2 %.

Виявлено відмінності в морфології черепашки мідії. Розрізняються залежності між довжиною черепашки та співвідношенням висоти й опуклості, між довжиною та площею поверхні черепашки мідій у донних поселеннях північно-західної частини Чорного моря з різним рівнем солоності морської води.

Ключові слова: *Mytilus galloprovincialis*, ріст, *P/B*-коефіцієнт, виживаність, трансформовані річкові води

Вступ

Шельф північно-західної частини Чорного моря характеризується високим ступенем мінливості гідробіологічних, гідрологічних і гідрохімічних параметрів, що обумовлено впливом дуже опрісненого стоку великих річок: Дунаю, Дністра, Дніпра та Південного Бугу. Внаслідок мілководдя та величезного річкового стоку вертикальні та горизонтальні контрасти температури і солоності вод тут на порядок вище, ніж в інших регіонах моря. Характерною особливістю регіону є зони підвищених градієнтів солоності (гідрофронтів) в районах, прилеглих до гирл річок, де прісні води змішуються з морськими та спостерігається найбільш потужний шар трансформованих річкових вод (Гаркавая та ін. 2000).

Відповідно з районуванням вод поверхневого шару моря, як найбільш схильного до впливу природних і антропогенних факторів, північно-західна частина Чорного моря поділяється на низку районів: пригирлові (I), з високою концентрацією біогенних речовин, які надходять з річковими водами – Придунайський, Придністровський і Придніпровсько-Бузький; межиріччя Дунай-Дністер (II); Одеський район (III); Придністровсько-Тендрівський район (VI); затоки – Ягорлицька, Каркінітська, Тендрівська (V); відкрита частина моря – Центральний район (VI) (Гаркавая та ін. 2000).

Обсяг і якісні показники річкового стоку мають важливе значення для життєдіяльності морських

мешканців, формуючи міжсезонну та міжрічну мінливість вмісту мінеральних речовин у морській воді. Індикаторами екологічного стану прибережно-морських вод Чорноморського басейну є різноманітні морські організми, у тому числі і двостулкові моллюски (Kayhan et al. 2016; Nikolic et al. 2019; Richir, and Gobert 2014; Turja et al. 2014), які є одним найважливіших компонентів морської донної фауни (Одесский ... 2017; Çinar et al. 2008).

Мідія *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819 є одним з найбільш масових видів двостулкових моллюсків-фільтраторів, який широко поширений на шельфі Чорного моря. Як океанічний вид, що знаходиться в умовах низької солоності вод Чорного моря, мідія дуже чутлива до суттєвого опріснення, особливо на ранніх етапах життєвого циклу. Відомо, що для розвитку личинок чорноморських мідій оптимальною є солоність 15 ‰, тоді як вже при 12 ‰ спостерігається їх висока смертність (Штыркина 1986). Раніше були відзначені відмінності розмірної структури, швидкості росту, фенотипічної структури мідій у поселеннях під впливом різного рівня солоності морських вод (Шурова 2001). Відзначено позитивну кореляцію характеристик росту мідій в донних поселеннях із середньорічною солоністю придонних вод (Шурова 2013). Проаналізовано співвідношення різних складників маси мідії (сирої та сухої маси м'якого тіла, маси стулок) в прибережних акваторіях із різним градієнтом солоності морських вод (Говорин 2021).

З урахуванням екологічної та біоценотичної, кормової та харчової цінності мідій і особливостей структурно-функціональної організації моллюска в поселеннях в залежності від солоності морської води актуальною є необхідність визначення індикаторних характеристик стану поселень мідій щодо змін яких можливо оцінювати ступінь впливу трансформованих річкових вод. У зв'язку з цим, основна мета досліджень полягала у визначенні популяційної структури донних природних поселень мідій в різних умовах середовища під впливом трансформованих річкових вод Чорного моря.

Матеріали та методи дослідження

У відповідності із запропонованим районуванням аналіз стану донних поселень мідій проводили за вибірками з Придунайського, Придністровського (Дністровська банка) і Придніпровсько-Бузького (мис Аджияск) пригирлових районів, з Одеського району, з Ягорлицької затоки, відкритої частини моря – Центрального району, до якого відноситься так зване «Філофорне поле Зернова» (Гаркавая та ін. 2000).

Проби донних природних поселень моллюсків відібрано влітку 2016–2019 рр. у діапазоні глибин від 2,5 м до 10 м рамкою 10 × 10 см з поверхні донного ґрунту, на глибинах понад 10 м – дночерпаком Петерсена з площею захоплення 0,1 м².

Для визначення розмірно-вікової структури поселень мідій вимірювали довжину (L), висоту (H), ширину обох стулок (B) моллюсків штангенциркулем з точністю до 0,1 мм. Для визначення морфологічних пропорцій розраховували площу поверхні мушлі мідії (A_s) за рівнянням (Reimer, and Tedengren 1996):

$$A_s = L \cdot (H^2 + B^2)^{0.5} \cdot \pi / 2; \quad (1)$$

де L – довжина, H – висота, B – ширина стулок, $\pi = 3,14$.

Індивідуальний вік мідій визначали методом склерохронології (Шурова, и Золотарев 1988), підраховуючи щорічні прирости, що виявляються у внутрішньому перламутровому шарі мушель на радіальних (від верхівки до заднього краю) зрізах стулок. Максимальний вік моллюсків з вибірки виступав показником тривалості життя мідії в цьому поселенні. В якості моделі лінійного росту мідій в більшості випадків використовували рівняння росту Берталанфі:

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}], \quad (2)$$

де L_t – довжина моллюска у віці t ; L_∞ – гранична довжина мідій; k – показник вікового зниження швидкості росту, t_0 – вік, при якому $L_t = 0$.

Коефіцієнти L_∞ , k і t_0 знаходили на основі середніх значень довжини одновікових черепашок нелінійним методом найменших квадратів, використовуючи пакет статистичних програм FISAT II (Fisat II ... 2002). Останній був також застосований в розрахунках індексу ϕ' , як інтегральної характеристики росту тварин (Munro, and Pauli 1983; Pauli, and Munro 1984), заснованого на коефіцієнтах L_∞ і k рівняння Берталанфі:

$$\phi' = \log k + 2 \log L_\infty \quad (3)$$

У більшості локальних поселень мідій ріст опищувався рівнянням Берталанфі, але в деяких районах спостерігалася прямолінійна залежність між віком моллюсків і їх середньою довжиною, тоді нами застосовувалося інше рівняння:

$$L_t = a + bt, \quad (4)$$

де a і b – емпіричні коефіцієнти.

Для порівняння швидкості росту мідій, розмірно-вікові співвідношення яких описуються рівняннями різних типів, був використаний показник T_{40} , який відображає час (в роках), необхідний моллюскам для досягнення довжини мушлі в 40 мм. Коли ріст мідій опищувався рівнянням Берталанфі (2), то показник T_{40} обчислювали на основі рівняння:

$$T_{40} = t_0 - 1/k [\ln(1 - 40/L_\infty)] \quad (5)$$

При лінійному рості моллюсків (4), цей показник знаходили як:

$$T_{40} = (40 - a) / b, \quad (6)$$

де a і b коефіцієнти рівняння лінійного росту (4).

Продукцію мідії розраховували згідно із раніше обґрунтованим (Stadnichenko, and Shurova 2000) емпіричним рівнянням множинної регресії на основі даних про їх біомасу та середню масу однієї особини в окремих поселеннях:

$$\ln P = 1,004 \cdot \ln B - 0,484 \cdot \ln W \quad (R^2=0,970; SE=0,237) \quad (7)$$

де P – річна продукція, $г \cdot м^{-2} \cdot рік^{-1}$; B – біомаса поселення молюска, $г \cdot м^{-2}$; W – маса однієї особини, $г$; R^2 – коефіцієнт детермінації; SE – стандартна помилка рівняння регресії.

Річний P/B -коефіцієнт молюсків розраховували за співвідношенням їх річної продукції та біомаси. Значення B в розрахунках цього коефіцієнта визначає біомасу під час відбору проб.

Щорічну виживаність мідій *M. galloprovincialis* (V) обчислювали за залежністю (Стадниченко 2010):

$$V = 0,984 \cdot e^{-P/B} \quad (8)$$

Статистичну обробку отриманих даних, дисперсійний (ANOVA) і кореляційний аналізи, порівняння ліній регресії виконували з використанням пакета прикладних програм *Statgraphics Plus for Windows*.

Результати та обговорення

Одним з найважливіших показників стану популяції мідій є її розмірно-вікова структура, яка відображає ступінь щорічного поповнення поселень молоддю, швидкість росту молюсків, їх смертність і тривалість життя в певних умовах середовища. Ріст чорноморської мідії залежить від багатьох факторів середовища, але одним із головних, особливо в опріснених ділянках моря, є солоність. За солоності води 10 ‰ і нижче у багатьох молюсків припиняється їхня фільтраційна активність, що негативно відображається на життєдіяльності та темпах їх росту. Розгля-

нуті райони північно-західної частини Чорного моря відрізняються як рівнем солоності, так і концентрацією біогенних речовин, вмістом кисню, температурою придонного шару води, які впливають на швидкість росту та смертність мідій, тому й розмірно-вікова структура в поселеннях може бути неоднорідною як за кількістю вікових класів, так і за співвідношенням чисельності різних вікових груп. У більшості локальних поселень ріст мідій апроксимувався рівнянням 2, але в поселенні Дністровської банки (Придністровський район) спостерігалася прямолінійна залежність між віком молюсків та їх довжиною (4). В аналізі закономірностей росту чорноморської мідії *M. galloprovincialis* значний інтерес представляють співвідношення коефіцієнтів L_∞ і k . Коефіцієнт k рівняння росту Бергаланфі для молюсків різних районів у 2016–2018 рр. варіював від 0,17 до 0,51, гранична довжина (L_∞) – від 48,98 до 134,33 мм (табл. 1).

Найбільшою граничною довжиною, понад 134 мм, за найнижчих значень коефіцієнта k , що не перевищують 0,17, характеризувався ріст мідій в обростаннях твердого субстрату в Придністровському районі. Коефіцієнт k був максимальний у мідій із поселень Одеської і Ягорлицької заток, досягаючи 0,51 при досить низьких значеннях L_∞ – 63,83 і 60,34 відповідно.

На відміну від коефіцієнтів L_∞ і k , які можуть значно варіювати у представників різних популяцій одного виду, індекс ϕ' стабільніший і тому він частіше використовується для характеристики видових особливостей росту багатьох гідробіонтів. Відомо, що у зеленої мідії *Perna viridis* (L., 1758) індекс ϕ' змінюється в залежності від району мешкання молюска від 2,32 до 4,36 (Nwe et al. 2020), у *Perna perna*

Таблиця 1

Характеристики росту *Mytilus galloprovincialis* у поселеннях північно-західної частини Чорного моря в 2016-2018 рр.

Район	Глибина, м	n	Коефіцієнти рівняння росту Бергаланфі		Показники росту мідій			
			L_∞ / a^*	k / b^*	ϕ'	T_{40}	T_{max}	t_{cp}
Філофорне поле Зернова	25,0	77	70,82	0,20	3,001	2,58	4	1,19
	30,0	40	48,98	0,32	2,885	3,30	4	1,55
Дністровська банка	20,5	48	28,19*	6,24*	–	1,89	3	1,98
	16,0	489	134,33	0,17	3,487	1,53	7	0,79
Придунайський район	19,9	22	74,65	0,37	3,314	1,57	4	1,86
	18,0	16	77,47	0,39	3,369	1,30	5	3,16
Одеська затока	3,5	66	71,69	0,26	3,126	1,32	4	1,32
	7,0	49	63,83	0,51	3,318	1,39	4	1,58
	13	63	63,44	0,43	3,238	1,80	4	1,02
Ягорлицька затока	2,5	29	104,51	0,32	3,543	1,22	6	3,03
	5,9	104	60,34	0,51	3,269	1,18	4	0,74

Примітка: n – кількість особин, екз.; L_∞ , k – коефіцієнти росту рівняння 2; * – a, b – значення емпіричних коефіцієнтів прямолінійної залежності (рівняння 3); ϕ' – інтегральна характеристика росту (рівняння 4); T_{40} – вік досягнення мідією довжини 40 мм, рік; T_{max} – максимальний вік, рік; t_{cp} – середній вік, рік.

(L., 1758) індекс ϕ' змінюється в залежності від пори року від 2,851 до 3,002 (Marques 1998). Аналіз росту молоді чорної устриці *Mimachlamys varia* виявив коливання цього індексу між 2,52 (когорта, зібрана у червні) і 3,03 (когорта, зібрана в серпні) у прибережній зоні Іонічного моря (Prato et al. 2020). У нашому дослідженні показники індексу варіювали з мінімумом 2,885 в районі Філофорного поля до його максимального значення 3,543 в Ягорлицькій затоці. Це означає, що зміни швидкості росту мідій Чорного моря, пов'язані з відмінностями їх біотопів, можуть бути сумірними з видовими відмінностями швидкості росту інших видів молюсків.

Використання індексу ϕ' , як характеристики росту мідій Чорного моря, має обмеження, яке пов'язане з тим, що ріст молюсків також описується рівнянням лінійної регресії (6). У зв'язку з цим був розрахований ще один показник росту (T_{40}) – час досягнення молюском довжини 40 мм (рівняння 5). Цей показник проявляє значні коливання в поселеннях мідій кожного з районів – від 1,18 року до 3,3 років. Найменші його значення (в середньому 1,2 роки), що визначають вищі темпи росту молюсків, були характерні для мешканців Ягорлицької затоки, а найвищі (3,3 роки) – для мідій з поселень Філофорного поля Зернова. Багатофакторний дисперсійний аналіз залежності віку досягнення довжини 40 мм (T_{40}) мідіями при використанні в якості коваріати глибини їх мешкання ($F=10,31$; $p=0,0237$) показав відмінність між розглянутими районами Чорного моря ($F=16,5$; $p=0,0044$). Статистично значуще відрізняється показник T_{40} у мідій з району Філофорного поля з низькою швидкістю росту та тривалістю життя не більше 4 років, проте це обумовлено лише відмінностями у глибині проживання мідій в поселеннях. Тривалість життя мідій змінюється від 3 до 7 років по районах (див. табл. 1). Достовірних відмінностей середнього та максимального віку мідії в поселеннях розглянутих районів не виявлено.

Таким чином, різноманітність умов середовища пов'язаних із трансформацією річкових вод в північно-західній частині Чорного моря обумовлює локальну мінливість вікової структури і швидкості росту мідій *M. galloprovincialis*, але між районами відмінності недостовірні.

Використовувати характеристики росту мідій як індикаторні показники для акваторій, трансформованих річковими водами різною мірою, не доцільно, оскільки процес визначення індивідуального віку мідій трудомісткий і вимагає певного досвіду, але не є в даному випадку інформативним.

Для з'ясування продукційних властивостей мідій під впливом трансформованих річкових вод проводили порівняння чисельності, біомаси, річної продукції, рівня виживаності молюска в поселеннях

з районів північно-західної частини Чорного моря (табл. 2).

Чисельність і біомаса мідій, як кількісні показники стану поселень молюска, є наочним результатом взаємодії організму з середовищем, оскільки визначаються мірою адаптації молюска до мінливих чинників середовища. Аналіз чисельності мідій у локальних поселеннях демонструє значну просторову неоднорідність, змінюючись від 99 екз. \cdot м² до 16195 екз. \cdot м². У досліджуваних районах північно-західного шельфу Чорного моря, що знаходяться під різною мірою впливу прісних річкових вод, середня чисельність мідій варіює від 1254 до 11331 екз. \cdot м². Біомаса мідії у донних поселеннях також змінюється в широких межах – від 101 г \cdot м² до 28827 г \cdot м² (табл. 2). Мінімальні та максимальні значення біомаси змінюються аналогічно чисельності мідій у поселеннях – найменші значення характерні поселенням молюска в Придунайському районі, максимальні значення відзначені для прибережної зони Придністровського району.

При об'єднанні районів з вираженим впливом річкового стоку (Придністровський, Придунайський, Придніпровсько-Бузький район – 2 тип), де солоність в середньому змінюється від 13,5 ‰ до 14,8 ‰ і районів з впливом, який проявляється меншою мірою (Одеська, Ягорлицька затоки, Філофорне поле Зернова – 1 тип) і середня солоність варіює від 16,3 ‰ до 17,4 ‰ (Гаркавая та ін. 2006) виявлено, що середні значення біомаси, чисельності та загальної річної продукції достовірно не розрізняються між двома типами районів. Діапазон варіювання біомаси та чисельності для району другого типу з максимальним впливом річкового стоку значно ширший, ніж для першого. Якщо для районів 1-го типу біомаса варіює від 2600 г \cdot м² до 21600 г \cdot м², то для 2 типу змінюється у ширшому діапазоні – від 28 г \cdot м² до 28827 г \cdot м² (табл. 3).

Дисперсійний аналіз виявив відмінності середньої маси мідії, яка є похідною характеристикою від біомаси та чисельності, в поселеннях досліджених районів ($F=8,92$; $p=0,0092$). Середні значення маси складають 5,324 \pm 1,42 г для 1-го типу і 1,230 \pm 0,27 г для 2-го типу районів з більш вираженим впливом річкового стоку.

Продукційні характеристики мідій північно-західного шельфу Чорного моря дуже мінливі просторово. Загальна річна продукція в поселеннях варіювала від 110 г \cdot м² \cdot рік⁻¹ до 22721 г \cdot м² \cdot рік⁻¹ (див. табл. 2). Найбільші значення річної продукції, темпів росту та тривалості життя молюска відзначені для поселень мідій Придністровського району.

У деяких акваторіях, де загибель молюсків дуже висока під впливом щорічно повторюваних заморів від тривалої за часом гіпоксії, значення річного P/B -кое-

Таблиця 2

Продукційні характеристики *Mytilus galloprovincialis* в північно-західній частині Чорного моря в 2017–2019 рр.

Н	N	B	W	P	P/B	V
Одеська затока						
4	1766	16285	9,22	5777	0,35	69,0
5	2067	21604	10,45	7221	0,33	70,4
7	1474	4937	3,35	2847	0,58	55,3
середнє	1769±171	14275±4915	7,67±2,2	5281±1287	0,42	64,9
Ягорлицька затока						
6	3964	9792	2,47	6558	0,67	50,4
Філофорне поле Зернова						
25	5997	13074	2,18	9314	0,71	48,3
30	3894	10318	2,65	6685	0,65	51,5
середнє	4945±1052	11696±1378	2,41±0,23	7997±1316	0,68	49,9
Придністровський район						
11	1301	377	0,29	703,2	1,86	15,6
16	16195	28827	1,78	22721	0,79	44,7
середнє	8748±7447	14602±14225	1,03±0,74	11712±11009	1,33	30,5
Придунайський район						
6	2625	4673	1,78	3662	0,78	45,0
10	3064	2972	0,97	3116	1,05	34,5
15	1532	4442	2,9	2745	0,62	53,1
23	99	117	1,18	110,0	0,94	38,4
24,5	145	159	1,1	155	0,97	37,1
середнє	1254±555	2065±910	1,40±0,34	1636±697	0,97	38,6
Придніпровсько-Бузький район						
10	11331	6685	0,59	8939	1,34	25,8

Примітка: Н – глибина, м; N – чисельність, екз.·м⁻²; B – біомаса, г·м⁻²; W – середня маса особини, г; P – річна загальна продукція, г·м⁻² рік⁻¹; P/B – продукційний коефіцієнт; V – виживаність, %.

фіцієнта перевищують 1 і можуть доходити до 5, що свідчить про високу швидкість обороту органічної речовини в цих ділянках моря (Шурова, и Стадниченко 2002). Високі значення P/B-коефіцієнта характерні тим поселенням моллюсків, де спостерігається низька тривалість життя мідій або мінімальна маса особини в поселенні. Найвищі його значення припадають на поселення з високою часткою осілої молоді моллюсків і цюголітків. В даному випадку рівень виживаності мідій у донному поселенні Придністровського району не досягає 16 %, що обумовлено мінімальним значенням середньої маси (0,29 г) і відповідає максимальному значенню P/B-коефіцієнта.

Значення річного P/B-коефіцієнта, як показника смертності в стаціонарних популяціях тварин, для мідій досліджуваних районів моря варіює від 0,33 в Одеській затоці до 1,86 в районі Дністровської банки (див. табл. 2, 3). Дисперсійний аналіз виявив достовірні відмінності середніх значень річного P/B-коефіцієнта (F=11,97; p=0,0035) і виживаності мідій (F=15,29; p=0,0014) між розглянутими типами районів (рис. 1).

В районі Дністровської банки на глибині 11 м поселення мідій представлені лише особинами 2–3 розмірно-вікових класів, що свідчить про нес-

Таблиця 3

Популяційні характеристики *Mytilus galloprovincialis* за типами районів північно-західної частини Чорного моря

Характеристики		Тип району	
		1	2
N	мінімум – максимум	1474–5997	57–16195
	середня	2825	4039
B	мінімум – максимум	2585–21604	28–28827
	середня	12192	5364
P	мінімум – максимум	2158–9312	40–22721
	середня	5850	4687
P/B	мінімум – максимум	0,33–0,84	0,62–1,86
	середня	0,56	1,09
V	мінімум – максимум	43,4–71,9	15,5–53,9
	середня	58,2	35,9

Примітка: N – чисельність, екз.·м⁻²; B – біомаса, г·м⁻²; P – річна загальна продукція, г·м⁻² рік⁻¹; P/B – продукційний коефіцієнт; V – виживаність, %; 1 тип – Одеська, Ягорлицька затоки, Філофорне поле Зернова; 2 тип – Придністровський, Придунайський, Придніпровсько-Бузький райони.

таціонарний характер даного поселення. Зазвичай такі поселення характерні для районів з високим рівнем смертності мідій. Такі показники популяційної структури підтверджують думку про негативний вплив опріснення на поселення мідій.

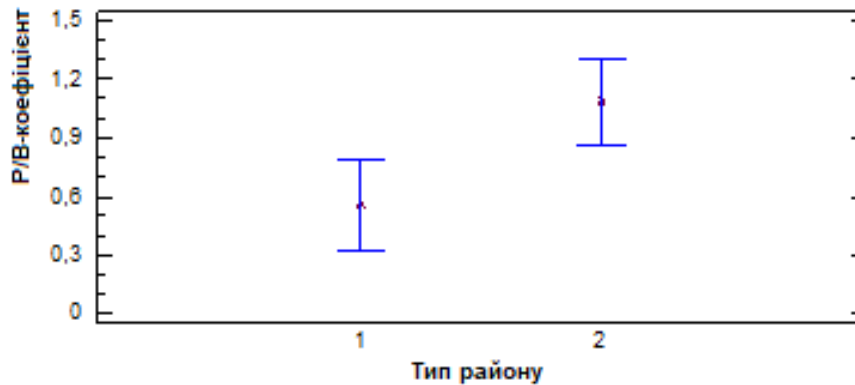


Рис. 1. Середні значення річного P/B -коефіцієнта та його довірчі інтервали за типом районів: 1– Одеська, Ягорлицька затока, Філофорне поле Зернова; 2 – Придністровський, Придунайський, Придніпровсько-Бузький район

Стресовий вплив опріснення вод на виживаність і тривалість життя мідій підтверджують також отримані нами у червні 2006 року дані в прибережному районі, прилеглому до гирла Дністровського лиману: при збільшенні глибини від 16 м до 23 м і поступовому підвищенні солоності придонних вод від 17,3 ‰ до 17,8 ‰ коефіцієнт смертності зменшувався з 1,76 до 0,94, а тривалість життя молюсків збільшувалась з 2,6 до 4,9 років.

Особливості мешкання мідій (гідродинамічний режим, солоність води) впливають на форму раковини та її лінійні пропорції. Для можливості коректного порівняння морфологічної структури поселень мідій в різних районах північно-західної частини Чорного моря, що різняться за глибиною, аналізували молюсків лише з донних поселень на глибині 20,5 м в районі Дністровської банки та на глибині 25 м Філофорного поля Зернова. Порівняльний аналіз морфології черепашки *M. galloprovincialis*, а саме залежності довжини стулки (L) від співвідношення висоти (H) й опуклості (B), виявив достовірні відмінності кута нахилу рівнянь регресії, що описують зв'язок між характеристиками молюсків в поселеннях двох районів ($p < 0,0001$):

$$L = 139,82 - 67,78 \cdot H/B \text{ Дністровська банка}$$

$$L = 67,34 - 27,04 \cdot H/B \text{ Філофорне поле Зернова}$$

Також порівнювали площу поверхні черепашок (A_s) як одного з інтегральних показників морфології мідій. Виявлені статистичні відмінності площі поверхні черепашки в поселеннях Дністровської банки та Філофорного поля ($F=36,7$; $p < 0,0001$). Їх середні значення (A_s) становлять $208,2 \pm 13,74$ мм і $136,2 \pm 2,94$ мм відповідно.

Таким чином, виявлені морфологічні відмінності в пропорціях черепашки мідій в акваторіях, що різняться факторами навколишнього середовища

в зонах трансформації річкових вод, можливо залучати як індикаторний показник стану поселень мідій.

Висновки

Дослідження структурно-функціональних особливостей мідій в різних районах трансформованих річкових вод Чорного моря (рівень солоності становив 13,5–14,8 ‰ та 16,3–17,4 ‰ відповідно) виявили закономірності, які можливо використовувати в якості індикаторних з метою покращення системи моніторингу морського середовища.

Продукційні властивості мідій в природних поселеннях досить мінливі в просторовому розподілі. Високі показники річного продукційного коефіцієнта (P/B) характерні поселенням з великою часткою молодих молюсків і низьким рівнем виживаності внаслідок їх смертності. Для морських районів, що знаходяться під інтенсивним впливом трансформованих річкових вод, діапазон зміни річного P/B -коефіцієнта варіює від 0,62 до 1,86, в середньому складаючи 1,09. Для районів, де вплив трансформованих річкових вод проявляється в меншій мірі, річний P/B -коефіцієнт змінюється в діапазоні від 0,33 до 0,84, в середньому складаючи 0,56. Отримані середні значення продукційного коефіцієнту можливо використовувати в якості фонових для акваторій північно-західної частини Чорного моря з різним рівнем солоності морської води.

Середня маса мідій в поселеннях районів, де значною мірою проявляється опріснення вод, нижча, ніж в районах, в яких вплив трансформованих річкових вод менш виражений, змінюючись від 1,23 г до 5,324 г відповідно.

Для поселень мідій північно-західного шельфу Чорного моря відзначена просторова гетерогенність за рівнем виживання. Виживаність

і тривалість життя мідій донних поселень пов'язані з умовами середовища, де стресовий вплив здійснює опріснення морських вод. Низький рівень виживання, що не досягає 36 %, характерний для опріснених районів поблизу річок Дунай та Дністер.

Виявлено відмінності в морфології черепашки мідії. Розрізняються залежності між довжиною черепашки та співвідношення висоти до її опуклості, площі поверхні черепашки мідій в донних поселеннях північно-західної частини Чорного моря з різним рівнем солоності морської води.

Список використаних джерел

1. Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Берлинский Н.А., Гончаров А.Ю. Районирование украинского сектора северо-западной части Черного моря (по гидрофизическим и гидрохимическим характеристикам). *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. 2000. С. 9–24.
2. Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И., Гончаров А.Ю. Районирование шельфа по гидролого-гидрофизическим параметрам. *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология* / под ред. Ю.П. Зайцева, Б.Г. Александрова, Г.Г. Миничевой. Киев : Наукова думка, 2006. С. 83–86.
3. Говорин І.О. Структурно-морфологічна характеристика донних поселень мідій у прибережних морських екосистемах, що знаходяться в зоні впливу річкового стоку. *Морський екологічний журнал*. 2021. № 2. С. 7–15.
4. Стадниченко С.В. Косвенные оценки смертности и выживаемости мидий северо-западной части Черного моря. *Вісник ОНУ*. 2010. Т.15, вип. 17. С. 82–87.
5. Одесский регион Черного моря: гидробиология пелагиали и бентали [монография] / Л.В. Воробьева и др. ; отв. ред. Б.Г. Александров. Одесса : Астропринт, 2017. 324 с.
6. Штыркина Л.Ф. Влияние температуры и солёности воды на ранний онтогенез черноморской мидии (*Mytilus galloprovincialis*). IV Всесоюз. конф. по промысл. беспозвоночным (Севастополь, апрель 1986). Ч. 2: тезисы докл. Москва, 1986. С. 257–258.
7. Шурова Н.М. Влияние солёности на структуру и состояние поселений двусторчатого моллюска *Mytilus galloprovincialis*. *Биология моря*. 2001. Т. 27, № 3. С. 187–191.
8. Шурова Н.М. Структурно-функциональная организация популяции мидий *Mytilus galloprovincialis* Черного моря. Киев: Наукова думка, 2013. 207 с.
9. Шурова Н.М., Стадниченко С.В. Изменения популяционных характеристик черноморской мидии и стратегия формирования ее популяции в современных условиях среды. *Вісник Житомирського педагогічного університету*. 2002. Вип. 10. С. 137–139.
10. Шурова Н.М., Золотарев В.Н. Сезонные слои роста в раковинах мидии Черного моря. *Биология моря*. 1988. № 1. С. 18–22.
11. Çınar M.E., Katağan T., Koçak F., Öztürk B., Ergen Z., Kocatas A., Önen, M., Kirkim F., Bakir K., Kurt G., Dağlı E., Açık S., Doğan A., Özcan T. Faunal assemblages of the mussel *Mytilus galloprovincialis* in and around Alsancak Harbour (Izmir Bay, eastern Mediterranean) with special emphasis on alien species. *Journal of Marine Systems*. 2008. Vol. 71. P. 1–17.
12. Fisat II: *FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools* (version 1.2.0) / eds. F.C. Gayanilo, P. Sparre, D. Pauly. FAO, Rome, 2002. URL: <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fisat>.
13. Kayhan F.E., Balkis N., Aksu A., Yon Ertug N.D., Sesal C. Trace metal concentration and sea water quality of Tuzla Shipyard Area, Istanbul, Turkey using Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) for monitoring aquatic pollution. *Pakistan Journal of Zoology*. 2016. Vol. 48 (2). P. 597–600.
14. Marques H.L.de.A., Pereira R.T.L., Correa B.C. Seasonal variation in growth and yield of the brown mussel *Perna perna* (L.) cultured in Ubatuba, Brazil. *Aquaculture*. 1998. Vol. 189. P. 263–273.
15. Munro J.L., Pauly D. A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbite*. 1983. Vol. 1. P. 5–6.
16. Nikolic M., Kuznetsova T., Kholodkevich S., Gvozdenovic S., Mandic M., Joksimovic D., Teodorovic I. Cardiac activity in the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) as a biomarker for assessing sea water quality in Boka Kotorska Bay, South Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*. 2019. Vol. 20(4). P. 680–687.
17. Nwe W.W., Aye Z.M., Oo N.N., Myint M.N. Population parameters of Green Mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) from Ye Estuary, Mon Coastal Area, Myanmar. *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2020. Vol. 10 (12). P. 309–314.
18. Pauly D., Munro J.L. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte, The WorldFish Center*. 1984. Vol. 2 (1). P. 1–21.
19. Prato E., Biandolino F., Parlapiano I., Papa L., Denti G., Fanelli G. Estimation of growth parameters of the Black Scallop *Mimachlamys varia* in the Gulf of Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Water*. 2020. Vol. 12 (12). 3342.
20. Reimer O., Tedengren M. Phenotypical improvement of morphological defences in the mussel *Mytilus edulis* induced by exposure to the predator *Asterias rubens*. *Oikos*. 1996. Vol. 75, № 3. P. 383–390.
21. Richir J., Gobert S. A reassessment of the use of *Posidonia oceanica* and *Mytilus galloprovincialis* to biomonitor the coastal pollution of trace elements: New tools and tips. *Marine Pollution Bulletin*. 2014. Vol. 89 (1–2). P. 390–406.

22. Stadnichenko S.V., Shurova N.M. Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass. *Black Sea Ecological Problems: Collected papers*. Odessa: SCSEIO, 2000. P. 297–300.

23. Turja R., Hoher N., Snoeijs P., Baršienė J., Butrimavičienė L., Kuznetsova T., Kholodkevich S.V.,

Devier M., Budzinski H.H., Lehtonen K.K. A multi-biomarker approach to the assessment of pollution impacts in two Baltic Sea coastal areas in Sweden using caged mussels (*Mytilus trossulus*). *Science of The Total Environment*. 2014. Vol. 473–474. P. 398–409.

References

1. Garkavaia, G.P., Bogatova, Iu.I., Berlinskii, N.A., & Goncharov, A.Iu. (2000). Raionirovanie ukrainskogo sektora severo-zapadnoi chasti Chernogo moria (po gidrofizicheskim i gidrokhimicheskim kharakteristikam) [Zoning of the Ukrainian sector of the northwestern part of the Black Sea (according to hydrophysical and hydrochemical characteristics)]. *Ekologicheskaiia bezopasnost pribrezhnoi i shelfovoi zon i kompleksnoe ispolzovanie resursov shelfa – Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*, 9–24 [in Russian].

2. Garkavaia, G.P., Bogatova, Iu.I., & Goncharov, A.Iu. (2006). Raionirovanie shelfa po gidrologogidrofizicheskim parametram [Shelf zoning according to hydrological and hydrophysical parameters]. *Severo-zapadnaia chast Chernogo moria: biologii i ekologii – Northwestern part of the Black Sea: biology and ecology*. (pp. 83–86). Kiev: Naukova Dumka [in Russian].

3. Hovoryn, I.O. (2021). Strukturno-morfologichna kharakterystyka donnykh poselen midii u pryberezhnykh morskyykh ekosystemakh, shcho znakhodiatsia v zoni vplyvu richkovoho stoku [Structural and morphological characteristics of the bottom settlements of mussels in the coastal ecosystems in the river runoff influence zone of the Ukrainian shelf of Black Sea]. *Morskyi ekolohichnyi zhurnal – Marine ecological journal*, 2, 7–15 [in Ukrainian].

4. Stadnichenko, S.V. (2010). Kosvennye otcenki smertnosti i vyzhivaemosti midii severo-zapadnoi chasti Chernogo moria [Indirect estimates of mortality and survival of mussels in the northwestern part of the Black Sea]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Byolohyia – Odesa National University Herald. Series: Biology*, 15 (7), 82–87 [in Russian].

5. Vorobyova, L.V., Kulakova, I.I., Synyogub, I.A., Polyschuk, L.N., Nesterova, D.A., Bondarenko, A.S. et al. (2017). *Odesskii region Chernogo moria: gidrobiologiiia pelagiali i bentali [Odessa region of the Black Sea: hydrobiology of pelagic and benthic areas]*. Odessa: Astroprint [in Russian].

6. Shtyrkina, L.F. (1986). Vliianie temperatury i solenosti vody na rannii ontogenez chernomorskoi midii (*Mytilus galloprovincialis*) [Influence of water temperature and salinity on the early ontogenesis of the Black Sea mussel (*Mytilus galloprovincialis*)]. Proceedings from: *IV Vsesoiuz. konf. po promysl. bespozvonochnym – IV All-Union Conference on commercial Invertebrates*. Part 2. (pp. 257–258). Moscow [in Russian].

7. Shurova, N.M. (2001). Vliianie solenosti na strukturu i sostoiianie poselenii dvustvorchatogo molliuska

Mytilus galloprovincialis [Influence of salinity on the structure and condition of settlements of the bivalve mollusk *Mytilus galloprovincialis*]. *Biologiiia moria – Marine Biology*, 27 (3), 187–191 [in Russian].

8. Shurova, N.M. (2013). *Strukturno-funkcional'naya organizatsiya populatsii midii Mytilus galloprovincialis Chornogo moria [Structural and functional organization of the Black Sea mussels]*. Kiev: Naukova Dumka [in Russian].

9. Shurova, N.M., & Stadnichenko, S.V. (2002). Izmeneniia populatsionnykh kharakteristik chernomorskoi midii i strategiiia formirovaniia ee populatsii v sovremennykh usloviakh sredy [Changes in the population characteristics of the Black Sea mussel and the strategy of its population formation in modern environmental conditions]. *Visnyk Zhytomyrskoho pedahohichnoho universytetu – Bulletin of the Zhytomyr Pedagogical University*, 10, 137–139 [in Russian].

10. Shurova, N.M., & Zolotarev, V.N. (1988). Sezonnnye sloi rosta v rakovinakh midii Chernogo moria [Seasonal growth layers in Black Sea mussel shells]. *Biologiiia moria – Marine Biology*, 1, 18–22 [in Russian].

11. Çinar, M.E., Katağan, T., Koçak, F., Öztürk, B., Ergen, Z., Kocatas, A. et al. (2008). Faunal assemblages of the mussel *Mytilus galloprovincialis* in and around Alsancak Harbour (Izmir Bay, eastern Mediterranean) with special emphasis on alien species. *Journal of Marine Systems*, 71, 1–17.

12. Gayanilo, F.C., Sparre, P., & Pauly, D. (2002). Fisat II: FAO-ICLARM Fish Stock Assessment Tools (version 1.2.2). *FAO, Rome*: <http://www.fao.org/fi/statist/fisofit/fisat>

13. Kayhan, F.E., Balkis, N., Aksu, A., Yon Ertug, N.D. & Sesal, C. (2016). Trace metal concentration and sea water quality of Tuzla Shipyard Area, Istanbul, Turkey using Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*) for monitoring aquatic pollution. *Pakistan Journal of Zoology*, 48 (2), 597–600.

14. Marques, H.L.de.A., Pereira, R.T.L. & Correa, B.C. (1998). Seasonal variation in growth and yield of the brown mussel *Perna perna* (L.) cultured in Ubatuba, Brazil. *Aquaculture*, 189, 263–273.

15. Munro, J.L., & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbite*, 1, 5–6.

16. Nikolic, M., Kuznetsova, T., Kholodkevich, S., Gvozdenovic, S., Mandic, M., Joksimovic, D. et al. (2019). Cardiac activity in the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) as a biomarker for assessing

sea water quality in Boka Kotorska Bay, South Adriatic Sea. *Mediterranean Marine Science*, 20 (4), 680–687.

17. New, W.W., Aye, Z.M., Oo, N.N., & Myint, M.N. (2020). Population parameters of Green Mussel, *Perna viridis* (Linnaeus, 1758) from Ye Estuary, Mon Coastal Area, Myanmar. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 10 (12), 309–314.

18. Pauly, D., & Munro, J.L. (1989). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2 (1), 21.

19. Prato, E., Biantolino, F., Parlapiano, I., Papa, L., Denti, G., & Fanelli, G. (2020). Estimation of growth parameters of the Black Scallop *Mimachlamys varia* in the Gulf of Taranto (Ionian Sea, Southern Italy). *Water*, 12 (12), 3342.

20. Reimer, O., & Tedengren, M. (1996). Phenotypical improvement of morphological defences in the mussel

Mytilus edulis induced by exposure to the predator *Asterias rubens*. *Oikos*, 75 (3), 383–390.

21. Richir, J., & Gobert, S. (2014). A reassessment of the use of *Posidonia oceanica* and *Mytilus galloprovincialis* to biomonitor the coastal pollution of trace elements: New tools and tips. *Marine Pollution Bulletin*, 89 (1–2), 390–406.

22. Stadnichenko, S.V., & Shurova, N.M. (2000). Estimating productivity of the Black Sea mussels from their density and biomass. *Black Sea Ecological Problems*. Odessa: SCSEIO, 297–300.

23. Turja, R., Hoher, N., Snoeijs, P., Baršienė, J., Butrimavičienė, L., Kuznetsova, T. et al. (2014). A multibiomarker approach to the assessment of pollution impacts in two Baltic Sea coastal areas in Sweden using caged mussels (*Mytilus trossulus*). *Science of The Total Environment*, 473–474, 398–409.

POPULATION STRUCTURE OF THE MUSSEL *MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* FROM BOTTOM SETTLEMENTS IN THE RIVER WATER TRANSFORMATION ZONES OF THE NORTH-WESTERN PART OF THE BLACK SEA

Stadnichenko S.V., PhD, Senior Researcher

Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine

This article presents the results of a comparative analysis of biomass and number, growth characteristics, production, survival rate of *Mytilus galloprovincialis* Lam. from bottom settlements in different areas of the North-western part of the Black Sea, which differ in the degree of influence of river flow. The analysis of the status of bottom settlements of mussels was made by sampling in the near-river areas – Prydunaiskyi, Prydnistrovskyi and Dnieper-Bug (Cape Adzhyyask) regions, Odesa Gulf and Yahorlytskyi Gulf, the area of the Zernov *Phyllophora* Field at the depths from 2,5 to 30 meters.

The distribution of numbers and biomass of mussels in the bottom settlements has a similar pattern, with the lowest values for mussels in the Danube region, and the highest values for the coastal zone in the Prydnistrovskyi region. The average total mass of mussels in the settlements in the districts where water desalination is most pronounced and lower than in the districts where the influence of transformed river waters is less pronounced. For marine areas under the intensive influence of the transformed river water, the *PB*-coefficient varies from 0,62 to 1,86, with an average of 1,09. For the areas where the impact of transformed river water is manifested to a lesser extent, the annual *PB*-coefficient varies from 0,33 to 0,84, the average is 0,56. The obtained average values of the productive coefficient can be used as a background for the water areas of the western-north part of the Black Sea with the different levels of saltness of the sea water.

The minimum growth rate was found for the mussels of the bottom settlements of the *Phyllophora* field, and the maximum growth rate was found for the mussels of the Yahorlytskyi Gulf.

The differences in the morphology of the mussel shell were revealed. There are differences between the length of the shell and the ratio of height to its convexity, the surface area of the mussel shell in the bottom settlements of the northwestern part of the Black Sea with different levels of seawater salinity.

Key words: *Mytilus galloprovincialis*, transformed river water, growth, *P/B*-coefficient, survival