

ВОДНА ФЛОРА І ФАУНА

УДК. 574, 639.27

Б.С. ГУЛАК, аспірант¹, наук. співроб.²,

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,

²Одеський центр Південного науково-дослідного інституту морського рибальства
та океанографії

просп. Шевченка, 12, Одеса, 65058, Україна
gulak.bogdan94@gmail.com
ORCID 0000-0002-5991-3715

Є.Ю. ЛЕОНЧИК, к.ф.-м.н.¹, доцент, ст. наук. співроб.²,

¹Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,

²Одеський центр Південного науково-дослідного інституту морського рибальства
та океанографії

просп. Шевченка, 12, Одеса, 65058, Україна
leonchik@ukr.net
ORCID 0000-0003-1494-0741

О.К. ЧАЩИН, к. б. н., пров. наук. співроб.,

Одеський центр Південного науково-дослідного інституту морського рибальства
та океанографії

alchashchin@gmail.com
ORCID 0000-0002-4780-4044

ОСНОВНІ БІОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОПУЛЯЦІЇ РАПАНИ *RAPANA VENOSA* У ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ

На основі аналізу проб з 69 уловів бім-тралів і семи водолазних зборів у північно-західній частині Чорного моря у період з 2018 по 2020 рр. було отримано дані про вікову, статеву та розмірно-масову структуру популяції рапани *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). Всього було проаналізовано 9783 особини. Для достовірного визначення віку попередньо на масовому матеріалі провели роботу по виявленню варіабельності морфології черепашок і розташування нерестових (річних) міток. Рапана в уловах була представлена дванадцятьма віковими групами від 2+ до 13+, основну частку складала особини віком 7–8 років. Встановлено, що співвідношення самців і самок у цілому близько до 1 : 1, однак у молодших вікових групах переважають самки, у старших — самці, що пов'язано з вищою природною смертністю самок. Для оцінки природної смертності методом ProdВіот використовували значення параметрів росту з рівняння Бергаланфі. Середнє значення коефіцієнта природної смертності у популяції становило 0,41. Незважаючи на те, що в останні роки рапана стала основним об'єктом промислу і її вилучення суттєво зросло, структура по-

Ц и т у в а н н я: Гулак Б.С., Леончик Є.Ю., Чащин О.К. Основні біологічні параметри популяції рапани *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) у північно-західній частині Чорного моря. *Гідробіол. журн.* 2022. Т. 58. № 1. С. 30—46.

пуляції до теперішнього часу не зазнає істотних змін. Вочевидь це пояснюється високою плодючістю цього вида-вселенця, який не має природних ворогів, і високою чисельністю кормових об'єктів на мілководному шельфі України.

Ключові слова: рапана, черепашка, вік, статева структура, природна смертність, ріст.

Червоногий молюск рапана *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) є випадковим інтродуцентом, вперше зареєстрованим у Чорному морі у 1947 р. [6]. Нативний ареал охоплює північно-західну частину Тихого океану. Як відомо, у Чорному морі рапана не має природних ворогів, тому її чисельність обмежується лише кількістю корму та промисловою діяльністю людини.

У перші десятиріччя після вселення рапана зустрічалась переважно у східній та південній частинах Чорного моря, які характеризуються найбільшою солоністю. Запас рапани у водах Керченської протоки у 1988—1992 рр. був на рівні 7074—9252 т, а у північно-східній частині становив 6950 т [9]. До 2000-х років у розпріснених водах північно-західної частини чисельність рапани була у вкрай низькою [12]. Однак в останні два десятиріччя процес її адаптації до життя в воді зі зниженою солоністю значно прискорився. Так, у Жебріянській бухті перший екземпляр було знайдено у 2005 р. [2], а вже через 12 років цей район моря став одним з найважливіших для промислу. Цей молюск став масово зустрічатись навіть на мілководдях, які прилягають до гирл великих річок — Дунаю, Дніпра та Дністра [5].

Рапана може мешкати на різних ґрунтах: кам'янистому, піщаному, черепашковому, піщано-черепашковому, замуленому. Деякі автори вказують, що вона надає перевагу піщаним ґрунтам [22], що, вочевидь, пояснюється тим, що подібний субстрат дозволяє накопуватись та витримувати несприятливі зміни середовища (різкі коливання температури, гіпоксію та ін.). Спектр живлення рапани досить широкий, основні кормові об'єкти — двостулкові молюски-фільтратори мідія *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819), мітілястер *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), хамелея *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1758), анадара *Anadara inaequalis* (Bruguière, 1789) та церастодерма *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), ступки яких вона просвердлює за допомогою радули або відкриває за допомогою м'язової ноги. Внаслідок поширення рапани у Чорному морі було практично знищено багато поселень аборигенних молюсків, постраждали устричні та мідійні банки [9, 27].

Дослідження у районі острова Зміїного показали, що одна особина рапани розміром 62—84 мм у середньому за добу споживає 1,35 г м'яса мідії. Це призводить до скорочення об'ємів фільтрації на 922—2235 л [3]. Відповідно, погіршується якість морського середовища, насамперед через порушення процесів седиментації та збільшення кількості органічних речовин у воді. Таким чином, рапана сприяє евтрофікації та появи літніх заморних явищ у північно-західній частині Чорного моря [27].

Таблиця 1
Улови рапани у північно-західній частині Чорного моря і загалом по басейну, тон [23]

Роки	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Україна	190	225	180	509	644	200	369	1060	1375	5562	11043	6305
Румунія	0	12	218	588	1338	1953	4460	6504	9244	7330	6814	4115
Всі країни	7861	12832	9862	13783	15173	13242	18240	21756	24336	22197	33057	20818

Промисел рапани у Чорному морі почався з 1960-х років, спочатку її добували водолазним способом, поступово став розвиватись промисел і активними знаряддями лову — драгами і донними бім-тралами. Спочатку найбільшу кількість рапани видобували у водах Болгарії — від 3 до 4,9 тис. т на рік, незабаром найбільших уловів досягла Туреччина [23]. Починаючи з 2010 р. стали швидко рости улови України та Румунії, які до 2020 р. досягли близько 50 % загального улову всіх чорноморських країн (табл. 1). У 2017—2020 рр. частка рапани склала 70 % загального видобутку водних біоресурсів України у Чорному морі. Встановлено, що біомаса рапани у його північно-західній частині цій ділянці досягає 28,9 тис. т [5].

У дослідженнях рапани, які проводились у північно-західній частині Чорного моря до теперішнього часу, основна увага приділялась морфології [4, 11], фізіології і генетичній структури популяції [8]. Однак дані щодо вікової, статевої та розмірно-масової структури популяції у цьому районі залишаються фрагментарними [13, 14], що унеможлиблює оцінку її ресурсів. Тому метою роботи було вивчити розмірно-масову, вікову і статеву структуру популяції рапани, особливості її росту і оцінити природну смертність для подальшого моделювання популяції і розробки заходів щодо раціонального промислового використання її запасу.

Матеріал і методика досліджень

Матеріали для досліджень зібрано у 2018—2020 рр. із 69 уловів бім-тралів і семи водолазних зборів (табл. 2). Збори здійснювали на акваторії шельфу, обмеженій на півдні морським кордоном України та Румунії, а на північному сході — основою коси Тендра (на захід від меридіану 32.00 ° сх. д.). Особливу увагу приділяли ділянкам масових скупчень рапани у місцях промислу: акваторія прилегла до Тендровської коси, Одеська і Дністровська банки та прибережна зона від с. Лебедівка до гирла Дунаю. Облови бім-тралами проводили на судах довжиною 12—24 м. Використовували бім-трала з шириною гирла 2,9—4,2 м, оснащені мішками для улову з використанням комбінації делі та сталеві кольчуги з вічком 35—

60 мм. Тралення проводили на глибинах 5—30 м впродовж 0,5—2 год. Водолазні збори здійснювали на глибинах 5—10 м, використовуючи легководолазне спорядження. Реєстрували координати, час початку та закінчення кожного тралення, глибину з даних ехолоту, улов кожного тралення. При вивантаженні і сортуванні улову відмічали тип ґрунту, частку пустих черепашок, живих і мертвих молюсків, наявність макрофітів і об'єктів живлення рапани.

Для біологічного аналізу з улову випадковим чином відбирали 100—150 екз. Довжину (висоту) черепашок вимірювали штангенциркулем з точністю до 0,01 мм. Масову частку м'якого тіла та кількість м'яса, придатного до споживання в їжу, визначали після препарування заморожених при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ молюсків. Зважування проводили на електронних вагах з точністю до 0,1 г. Стать визначали за наявністю копулятивного органу або за кольором гонад [16, 17]. Вік особин визначали за кількістю нерестових міток, які утворюються на поверхні черепашки внаслідок уповільнення росту молюска. Оскільки перший нерест у рапани відбувається на третьому році життя [15], то загальний вік визначали як $n+2+$, де n — кількість нерестових міток.

Статистичну обробку отриманих даних здійснювали за загальноприйнятими методиками з використанням програм Microsoft Excel 2016 та Statistica 2010. Для порівняння середніх значень довжини і маси рапани використовували t -критерій Стьюдента. Перевірку нормальності розподілів здійснювали за критерієм узгодженості Колмогорова — Смірнова [10]. Коефіцієнти природної смертності рапани (M) розраховували за методом ProdBiom, який рекомендовано застосовувати для донних видів. При цьому використовували значення коефіцієнтів Гекслі та Берталанфі, встановлені на основі даних щодо розмірно-вікової структури популяцій молюсків [20]. Для роботи моделі ProdBiom як програмне забезпечення використовували R-скрипт [24].

Результати досліджень та їх обговорення

Особливості морфологічних структур черепашки рапани, що вказують на її вік. З самого початку вивчення вікової структури популяції рапани виявлено значну варіабельність скульптурних елементів черепашки, за якими зазвичай визначається вік. У зв'язку з цим попередньо був проведений аналіз особливостей скульптури найбільш типових черепашок та змін їх морфології за сезонами року. На початку вересня на зов-

Таблиця 2

Обсяг проаналізованого матеріалу (2018—2020 рр.)

Роки	2018	2019	2020	Всього
Кількість проб з уловів, од.	11	18	47	76
Проміри довжини та маси, екз.	1323	3099	4981	9783
Визначення статі та віку, екз.	1004	746	1819	3569

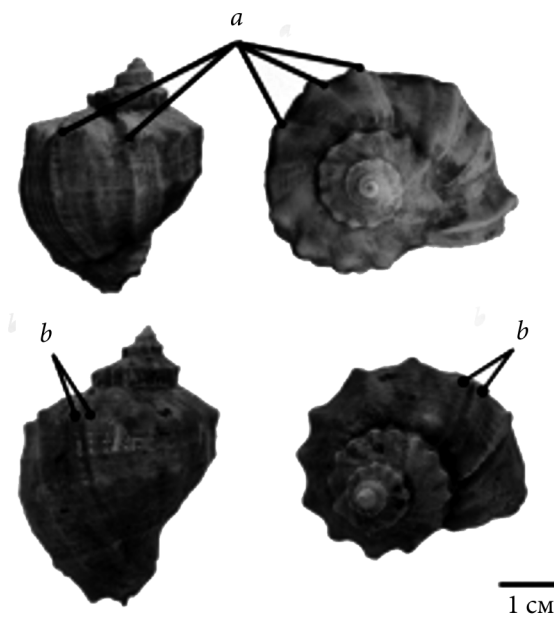


Рис. 1. Одинарна (а) та подвійна (б) нерестові мітки на поверхні черепашки рапани

нішньому краю більшості черепашок ставали добре помітними нові ділянки інтенсивного росту. Зазвичай край недавно утвореної частини черепашки відрізнявся більш вираженою пігментацією зовнішньої поверхні та відсутністю на ній епібіонтів, зокрема одноклітинних водоростей. Часто була відсутня і помаранчева пігментація на внутрішній поверхні, що давало можливість достовірно виявити останню нерестову мітку. Однак, у багатьох випадках для визначення віку молюсків знадобилось по новому інтерпретувати особливості морфологічних структур черепашок, раніше запропоновані як нерестові (вікові) мітки [15]. Нашими спостереженнями підтверджено, що перші нерестові мітки реєструються у трьохлітніх особин розміром більше 35 мм. Типова нерестова мітка виглядала як безперервне потовщення у вигляді смуги, що проходить по зовнішній поверхні черепашки (рис. 1, а). Формуванню першої нерестової мітки відповідала поява помаранчевої пігментації на внутрішній поверхні. Однак нами встановлено, що деякі особини рапани можуть нереститись двічі на рік, при цьому на поверхні їх черепашок за один сезон утворюються дві нерестові мітки (рис. 1, б). Такі подвійні мітки ідентифікувались нами як одна.

Кількість черепашок з подвійними мітками досягала 10—15 %. Вони зазвичай формувались у роки, коли температури води зберігалась вище 12 °С до початку листопада. За цих умов рапана встигала відкладати другий кокон з яйцями. Найбільш масштабний повторний нерест рапани був зареєстрований у 2019 р. з аномально високими температурами повітря та морських вод.

У деяких особин рапани спостерігалась значна відстань між нерестовими мітками (у кілька раз більша, ніж між наступними). На цих ділянках черепашка мала меншу товщину, при цьому часто була відсутня помаранчева пігментація внутрішньої поверхні. Такі зони, на нашу думку, відповідали періодам прискороного росту у роки, коли особина не брала участі у нересті і відтак мала можливість постійно активно житись та рости. Тому ця зона прискороного росту ідентифікувалась як річна мітка якщо її ширина була принаймні вдвічі більше відстані між двома попередніми.

Під час досліджень виявились і інші розбіжності з попередніми даними щодо морфології черепашок і структур, що реєструють вік. Так, у районі Севастополя [15] відмічені лише дві форми молюсків, що сильно відрізнялись за скульптурою черепашок та їх кольором: з тонкою черепашкою, на зовнішній поверхні якої були повністю відсутні потовщення, характерні для нерестових міток, а внутрішня поверхня була вкрита чорними смугами (рис. 2, а), та з більш масивною світлою черепашкою з сильно вираженими нерестовими мітками і помаранчевою внутрішньою поверхнею (рис. 2, б). Нам також траплялись подібні варіації черепашок, але значно частіше зустрічались особини, які мали зовнішні ознаки відразу обох форм молюсків у різних поєднаннях. Такі морфологічні характеристики рапани були відмічені і на Кримському узбережжі [1]. У північно-західній частині моря лише невелика частина темнозбарвлених молюсків відрізнялась повною відсутністю потовщень, які можна було вважати нерестовими мітками. У більшості темних молюсків з тонкою черепашкою нерестові мітки все ж були присутні, хоча й були слабко виражені. Багато з них мали і внутрішню помаранчеву пігментацію, яка утворюється після першого нересту. Відмічено, що у темнозбарвлених екземплярів відстань між нерестовими мітками значно більша, ніж у світлозбарвлених. Це, на нашу думку, свідчить про більш інтенсивний темп росту темнозбарвлених молюсків через існування на багатих кормом мідійних біотопах. Той факт, що темнозбарвлені особини рапани зустрічаються переважно на мідійних банках і на вкритих мідіями скелях, був встановлений ще попередніми дослідниками [1, 21].

Деякі молюски старше 5+—6+ часто припиняли або уповільнювали ріст у довжину. У такому випадку зовнішній край черепашки починав рости переважно у товщину (рис. 2, в) і на ньому також можна було виділити яскраво виражені нерестові мітки.

Статева та вікова структура популяцій. Статеві та вікові відмінності. Для моделювання популяцій промислових об'єктів у водоймах частіше за все потрібно враховувати відмінності між особинами різної статі за масою, лінійним ростом та іншими параметрами [25]. Встановлено, що відношення самців і самок у популяції близьке до 1:1 з невеликим переважанням самців (рис. 3).

Така статеві структура популяції рапани у водах України відмічалась і раніше [11, 27], вона характерна і для більшості інших чорноморських гастропод [18]. У той же час у південних районах моря у деяких випадках

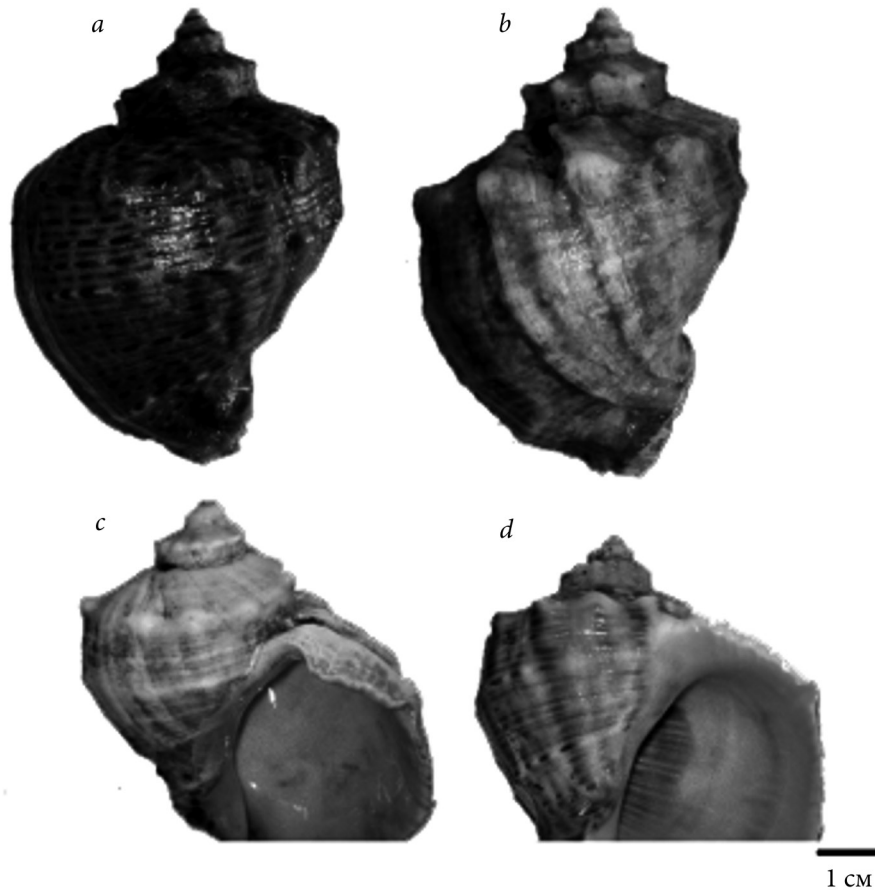


Рис. 2. Типи поверхньої скульптури черепашки рапани: *a* — темно забарвлена черепашка зі слабо вираженою скульптурою поверхні; *b* — світло забарвлена черепашка з добре вираженою скульптурою поверхні; *в* — потовщення краю черепашки внаслідок уповільненого росту; *г* — край черепашки без уповільнення росту

у рапани переважали самці — 1,6 : 1,0 [26], ймовірно внаслідок значного впливу деяких негативних чинників на популяцію, зокрема недостатньої забезпеченості кормом на невеликому за площею прибережному шельфі та інтенсивного промислу, який вже довгий час ведеться біля берегів Туреччини.

На мілководдях північної частини моря, куди надходить основний річковий стік, рапана краще забезпечена кормовими ресурсами, а промисел почався нещодавно і ведеться менш ніж на 15 % площі шельфу. Безумовно, все це сприяє збереженню близької до природної статеві структури популяції, хоча відношення статей відрізняється у різних вікових групах. У молодших переважали самки, у групах 8+ і старших — самці (рис. 4). У 2018—2019 рр. серед найстарших особин (13+) самки були

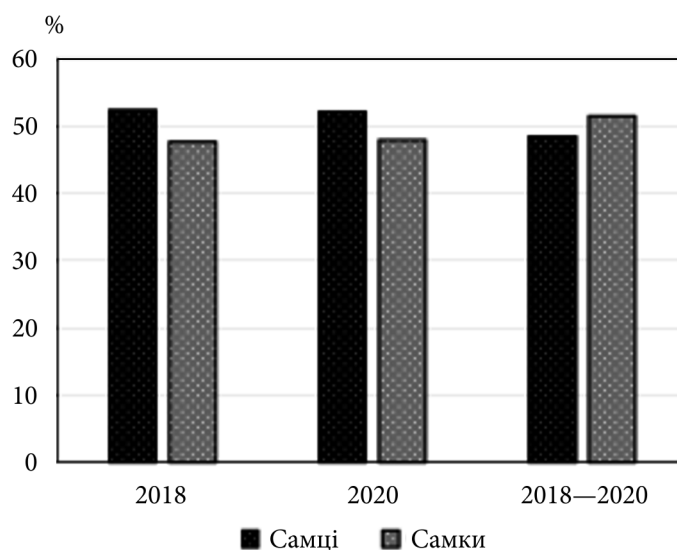


Рис. 3. Статеву структуру популяції рапани у північно-західній частині Чорного моря у 2018–2020 рр.

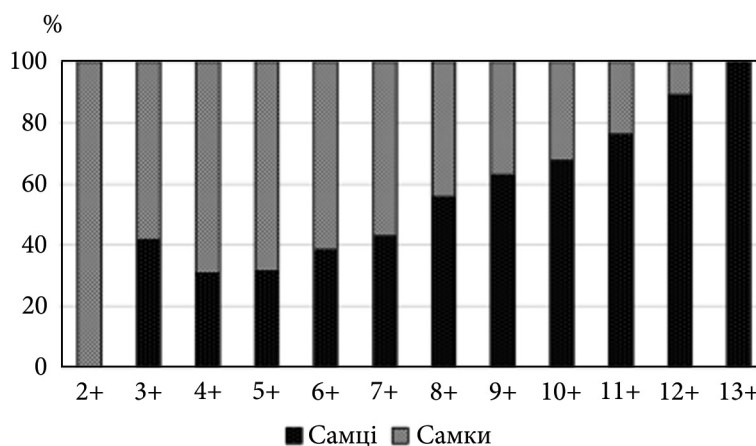


Рис. 4. Співвідношення статей рапани у різних вікових групах

відсутні повністю. Подібні результати були отримані у Керченській протоці [7], але частка самців починала зростати після трирічного віку.

Вікова структура популяції рапани у північно-західній частині Чорного моря впродовж 2018–2020 рр. була досить стабільною. В уловах представлені 12 вікових груп від 2+ до 13+. Основу склали особини віком 7+–8+, їх частка у 2018 р. становила 53 %, у 2019 р. — 61 %, у 2020 р. — 49 %, у середньому 54 %. Зазвичай модальний вік самок у пробах був на один рік менше ніж у самців, що вказувало на більш низьку смертність

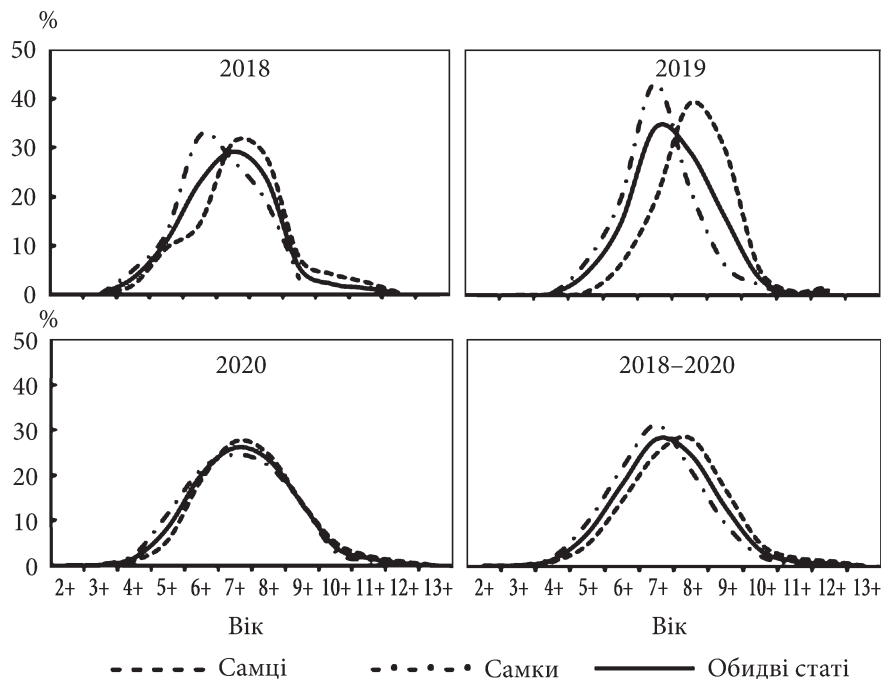


Рис. 5. Вікова структура популяції рапани у північно-західній частині Чорного моря

останніх. Чисельність молюсків старше дев'яти років різко скорочувалась (рис. 5).

Оскільки з 2017 до 2020 р. обсяги вилову рапани зросли більш ніж у п'ять раз, а загальна частка вікових груп 9+ і старших не зменшилась, можна дійти висновку, що елімінація рапани старших вікових груп відбувається переважно внаслідок природної смертності. Нестатевозрілі особини віком 1+—2+ в уловах бім-тралів були майже відсутні. Очевидно, що вони просіювались через куток цього знаряддя. У відношенні більш старших вікових груп, отримані результати слід визнати адекватними.

Розмірний склад рапани у 2018—2020 рр. також залишався стабільним, незважаючи на постійну інтенсифікацію промислу. В уловах переважали особини розміром 60—85 мм, їх частка перевищувала 75 % (рис. 6).

Самці були крупніші самок і домінували у більших розмірних класах. У вікових групах 5+—11+ середні значення довжини та маси самців статистично значимо відрізнялись від відповідних значень самок ($p < 0,001$), відмінності за довжиною черепашки у віковій групі 4+ були статистично недостовірні ($p > 0,05$) (табл. 3). У наймолодших (2+—3+) і найстарших (12+—13+) групах порівняння не проводили через невелику кількість особин.

Ріст і смертність рапани. У період досліджень масові характеристики рапани у межах одних і тих же розмірних і вікових груп відрізнялись незначно (рис. 7).

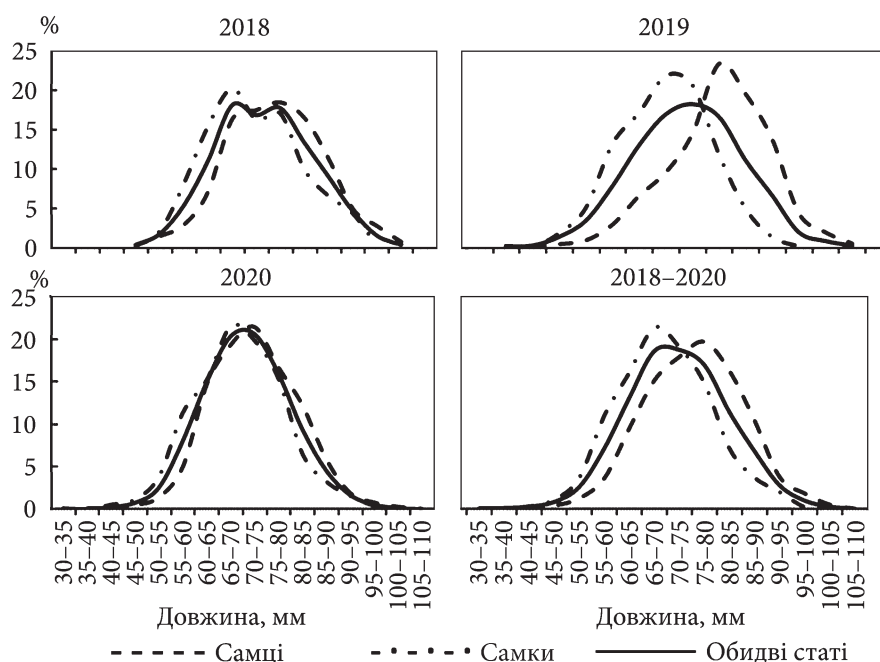


Рис. 6. Розмірна структура популяцій рапани у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2020 рр.

Лише у 2019 р. відмічено зростання середньої маси у розмірних класах більше 75 мм на 15—20 % порівняно з минулим роком. Такі показники масового росту збереглися і у 2020 р., очевидно через покращення кормової забезпеченості рапани в умовах розрідження щільності поселень після різкого збільшення обсягів видобутку у 2018—2019 рр. (див. табл. 1). Промисел ведеться активними знаряддями лову на м'яких ґрунтах, де також мешкають її кормові об'єкти — двостулкові молюски анадара та хамелея, які мають незначні розміри і просіюються разом з ґрунтом через вічка драг і бімтралів і не потрапляють до улову. Таким чином, внаслідок промислу співвідношення у системі хижак — жертва постійне зміщується на користь останньої. Очевидно, цьому сприяє і інтенсивне щорічне природне поповнення популяцій молюсків-фільтраторів на високопродуктивних розпріснених акваторіях північно-західної частини моря.

Паралельно з ростом середньої загальної маси особини рапани, частка м'якого тіла молюска також поступово збільшувалась, зокрема середня маса м'язової ноги, яка використовується для випуску харчової продукції (табл. 4). Розрахований коефіцієнт кореляції Пірсона підтвердив високий ступінь залежності між загальною масою рапани, масою її м'якого тіла та частин, які використовуються в їжу.

Ріст рапани впродовж року був нерівномірним. Відразу після зимівлі, яка зазвичай завершується наприкінці травня, рапана виходить на поверхню ґрунту і починає активно житись. Однак на початку літа лінійні

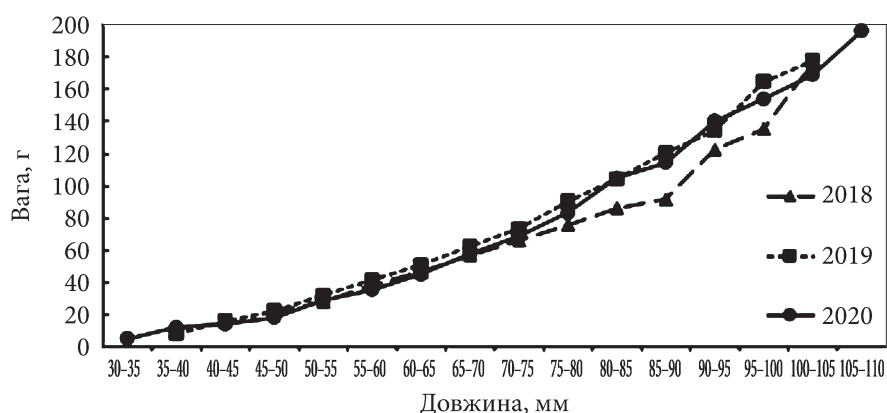


Рис. 7. Середні значення маси рапани у розмірних класах у 2018—2020 рр.

розміри черепашок і маса молюсків зростали незначно. Частка м'язової ноги у цей час не перевищувала 13—15 % загальної маси, очевидно через формування статевих продуктів. Після нересту, який зазвичай відбувався з кінця червня до початку серпня, рапана переходила до малорухливого способу життя, більшість особин знову закопувались на ділянках з м'яким ґрунтом. Після двох — трьох тижнів вони знову переходили до активного пошуку та споживання корму. Наприкінці літа наступала фаза найбільш активного лінійного та масового росту. У вересні — жовтні частка мязової ноги могла досягати 25 % загальної маси особини.

Залежність маси від довжини рапани виявилась досить тісною — значення коефіцієнту детермінації R^2 становило 0,90. Відповідне рівняння степеневої залежності представлено на рисунку 8.

Таблиця 3

Середні значення довжини та маси особин рапани у 2018—2020 рр.

Вікові групи	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+
Самки								
<i>n</i> , екз.	99	478	1068	1546	1048	459	110	26
Довжина, мм	53,8± 0,83	58,6± 0,29	64,3± 0,22	70,0± 0,17	72,9± 0,25	77,2± 0,34	81,9± 0,58	81,2± 1,23
Маса, г	31,4± 1,46	40,1± 0,54	52,1± 0,47	66,3± 0,43	74,3± 0,74	86,6± 1,23	101,0± 3,15	100,8± 5,55
Самці								
<i>n</i> , екз.	44	220	670	1160	1312	782	229	83
Довжина, мм	53,5± 0,98	60,7± 0,41	66,7± 0,25	71,9± 0,20	76,5± 0,18	81,4± 0,25	85,6± 0,46	90,2± 0,61
Маса, г	30,0± 1,63	43,1± 0,77	56,1± 0,62	69,0± 0,53	83,1± 0,57	100,2± 0,94	115,5± 2,16	133,7± 3,24

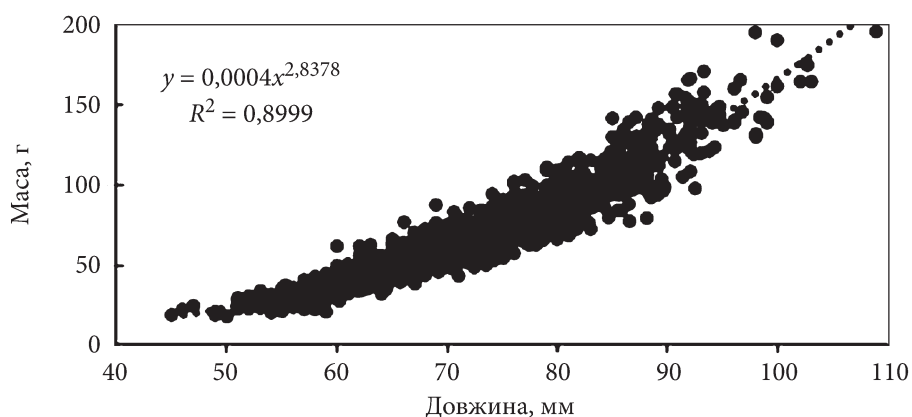


Рис. 8. Залежність маси від довжини рапани у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2020 рр.

На основі узагальнених даних щодо розмірно-масового складу рапани за період досліджень була здійснена оцінка темпу росту самців та самок. Побудовані за рівнянням Берталанфі криві (рис. 9), як і очікувалось, виявили більш високий рівень цього показника у самців. На нашу думку, швидший ріст м'якого тіла і черепашки у самців пояснюється нижчими енергетичними затратами у період розмноження.

Для оцінки природної смертності методом ProdВіом використовували значення параметрів росту з рівняння Берталанфі (табл. 5). Розраховане значення граничної довжини самців (L_{∞}) було більше, ніж у самок, що

Таблиця 4

Частка м'яких частин тіла рапани у загальній масі

Роки	%	Коефіцієнт кореляції Пірсона	Кількість, особин
М'язова нога			
2018	14,89±0,26	0,94	166
2019	19,67±0,27	0,94	133
2020	20,00±0,22	0,91	362
М'яке тіло			
2018	33,91±0,49	0,95	166
2019	34,64±0,37	0,96	133
2020	37,63±0,33	0,93	249
Частка м'язової ноги у масі м'якого тіла			
2018	44,46±0,73	0,93	166
2019	56,99±0,73	0,97	133
2020	55,16±0,57	0,95	249

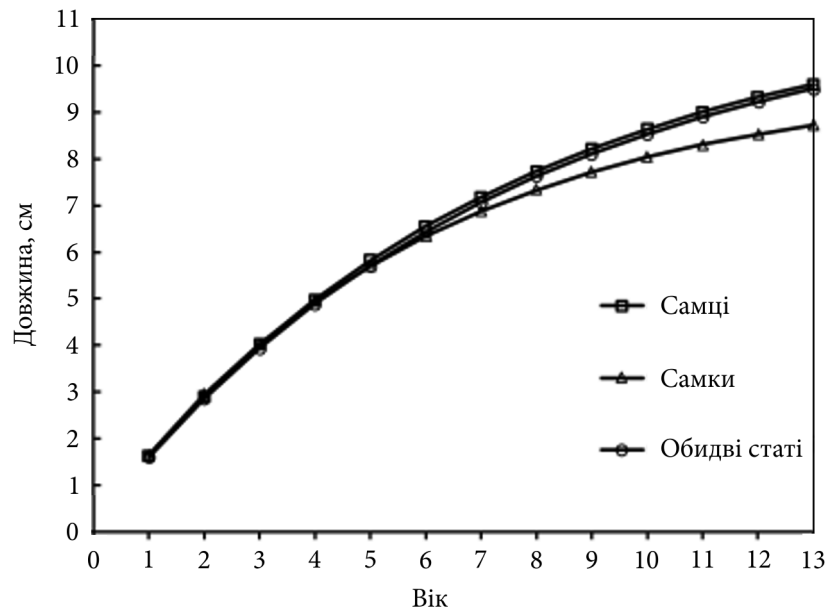


Рис. 9. Криві росту рапани згідно рівняння Бергаланфі за даними 2018—2020 рр.

добре узгоджується з емпіричними даними (див. рис. 6, табл. 3). Значення коефіцієнту росту k у самок виявилось вищим, ніж у самців, що можна пояснити більш активним метаболізмом через значні витрати ресурсів під час нересту.

Отримані значення коефіцієнтів природної смертності M для рапани представлені у таблиці 6. Результати розрахунків не лише підтверджують високий рівень смертності самок, а й дозволяють оцінити різницю між статями, яку необхідно буде враховувати при подальшому моделюванні популяції і промислового запасу.

Середнє значення коефіцієнту природної смертності (M) для обох статей рапани для вікових груп 3+—13+ склало 0,41. Це значення було нижче аналогічних параметрів, розрахованих для рапани у турецьких та болгарських водах, де воно становило 0,50—0,57 [19]. Це також вказує на

Таблиця 5

Параметри рівняння росту Бергаланфі рапани у прибережній зоні України у Чорному морі, 2018—2020 рр.

Параметри	L_{∞}	k	t_0	a	B
Самці	11,46	0,139	-0,11	0,4262	2,5998
Самки	9,71	0,174	-0,08	0,3533	2,6876
Обидві статі	11,46	0,135	-0,12	0,4556	2,5698

більш сприятливі умови для життя рапани у північно-західній частині моря.

На смертність рапани у північно-західній частині моря впливають і абіотичні чинники. Після весняного пробудження наприкінці травня улови зазвичай містили 5—10 % мертвих особин, які, вочевидь, не витримували перебування в анабіозі впродовж довготривалої зимівлі. Нерідко значна загибель молюсків відбувалась після різкого переміщення водних мас, що супроводжувалось коливаннями придонної температури. Так, у серпні 2017 р. у районі с. Лебедівки температура води у придонних горизонтах різко знизилась внаслідок тривалої дії вітрового згону, у результаті чого відбулась масова загибель рапани, частка мертвих особин в уловах досягала 40 %. У деяких випадках масова загибель відбувалась у середині літа після довготривалої безвітряної погоди, коли у придонних шарах води різко знижувалась кількість кисню і могло виникнути сірководневе забруднення. У 2020 р. нами були зареєстровані наслідки заморних явищ поблизу гирла Дунаю на глибинах 20—25 м. В уловах бім-тралів містилась велика кількість чорного мулу з запахом сірководню, мертвих рапан і порожніх черепашок двостулкових молюсків.

Заключення

Аналіз польових матеріалів, зібраних у північно-західній частині Чорного моря, дозволив виявити основні типи будови черепашок рапани, що відрізнялись характеристиками нерестових (річних) міток, достовірно визначити вік молюсків та встановити співвідношення їх вікових груп у популяції.

Незважаючи на інтенсифікацію промислу впродовж останніх років, біологічні показники і структура популяції рапани змінювались у нешироких межах. Співвідношення статей в українських водах було типовим для більшості чорноморських гастропод і не відрізнялось від такого ще на початку інвазії цього виду у Чорне море. Вікова структура популяції рапани також залишається стабільною. В уловах переважали особини віком 7+—8+. Кількість особин віком старше 9+ була не-

Таблиця 6

Коефіцієнти природної смертності рапани в зоні України у Чорному морі, 2018—2020 рр.

Вік	0+	1+	2+	3+	4+	5+	6+	7+	8+	9+	10+	11+	12+	13+
Самці	1,87	0,81	0,60	0,51	0,46	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,36	0,35	0,34	0,34
Самки	2,01	0,87	0,64	0,54	0,49	0,46	0,43	0,41	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,37
Обидві статі	1,94	0,84	0,62	0,53	0,47	0,44	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,36	0,36	0,36

значною, що пояснюється впливом природної смертності. Максимальний вік рапани склав 13 років.

Розмірний склад та масові характеристики рапани у період досліджень залишались стабільними, що свідчить насамперед про забезпеченість об'єктами живлення.

Коефіцієнти природної смертності самок вищі, ніж у самців. Відповідно, частка самок з віком знижувалась. Найбільші втрати у популяції рапани спричинені впливом абіотичних факторів, зокрема низькою температурою і придонною гіпоксією.

Висока стійкість популяції рапани до впливу промислу у водах України пояснюється не лише її здатністю до швидкого самовідтворення, але і тим, що промисел здійснюється на обмеженій акваторії, яка займає не більше 15—20 % площі українського шельфу з глибинами 5—35 м.

Отримані дані дозволять здійснювати моделювання промислового запасу з метою регулювання промислу на оптимальному рівні.

Список використаної літератури

1. Бондарев И.П. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). *Ruthenica*. 2010. Вип. 20, № 2. С. 69—90.
2. Говорин И.А., Куракин А.П. Находка рапаны *Rapana thomasi* в Придунайском районе северо-западной части Черного моря. *Экология моря*. 2005. № 69. С. 18—19.
3. Говорин И.А., Куракин А.П. Оценка влияния хищного брюхоногого моллюска *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на фильтрационный потенциал мидийных поселений. *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу*. 2011. Вип. 25. Т. 1. С. 435—442.
4. Говорин И.А. Использование морфометрических характеристик раковин рапаны *Rapana thomasi* (Mollusca, Gastropoda) из береговых штормовых выбросов для определения прижизненных показателей массы моллюсков. *Вестн. зоологии*. 2013. № 3. С. 218.
5. Гулак Б.С., Леончик Є.Ю., Чащин О.К. Стан промислової популяції рапани *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) у північно-західній частині чорного моря. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології* : матеріали XII міжнар. іхтіол. наук.-практ. конф., Дніпро, 26—28 вер. 2019 р. Дніпро, 2019. С. 70—75.
6. Драпкин Е.И. Новый моллюск в Черном море. *Природа*. 1953. № 9. С. 92—95.
7. Евченко О.В. Биологические характеристики и запас рапаны *Rapana venosa* (Gastropoda: Murexidae) в северо-восточной части Черного моря. *Тр. ЮгНИРО*. 2010. № 48. С. 24—28.
8. Ершова О.Н., Тоцкий В.Н., Топтиков В.А. и др. Антиоксидантный статус тканей рапаны в условиях стресса, вызванного ионами меди. *Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Біологія*. 2016. Т. 21, № 2. С. 11—23.
9. Золотарев П.Н., Евченко О.В. Некоторые черты биологии и оценка запаса рапаны *Rapana venosa* (Gastropoda: Murexidae) в северо-восточной части Черного моря в 1988—1994 гг. *Вопр. рыболовства*. 2010. Вип. 11. № 3. С. 442—452.
10. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Москва : Физматлит, 2006. 816 с.
11. Ковтун О.А., Топтиков В.А., Тоцкий В.Н. и др. Сравнительная морфологическая характеристика *Rapana venosa* (Gastropoda: Muricidae, Rapaninae) из разных акваторий северной части Черного моря. *Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Біологія*. 2014. Т. 19, № 1. С. 68—80.

12. Самышев Э.З., Золотарев П.Н. Механизмы антропогенного воздействия на бенталь и структуру донных биоценозов северо-западной части Черного моря. Севастополь : Колорит, 2018. 208 с.
13. Снигирев С.М., Абакумов А.Н., Каракаш С.Ф. и др. Современное состояние промысловых моллюсков мидии и рапаны в акватории острова Змеиный. *Экологические проблемы Черного моря: материалы Междунар. науч.-практ. конф.* (Одесса, 10.2009). Одесса, 2009. С. 216—219.
14. Снигирев С.М. Современное состояние рапаны жилковатой *Rapana thomasi-thomasi* Crosse, 1861 в прибрежных водах острова Змеиный (СЗЧМ). *Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово—Черноморского региона: Мат. VII Междунар. конф. Керчь, 20—23 июня 2012 г. Керчь Т. 1.* С. 137—139.
15. Чухчин В.Д. Рост рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Севастопольской бухте. *Тр. Севастоп. биол. ст.* 1961. № 14. С. 169—177.
16. Чухчин В.Д. Размножение рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Черном море. *Там же.* 1961. № 14. С. 163—168.
17. Чухчин В.Д. Функциональная морфология рапаны. Киев : Наук. думка, 1970. 139 с.
18. Чухчин В.Д. Экология брюхоногих моллюсков Черного моря. Киев : Наук. думка, 1984. 176 с.
19. Шляхов В.А., Шляхова О.В., Надолинский В.П., Перевалов О.А. Промыслово-биологические показатели рыболовства для важнейших распределенных запасов водных биоресурсов Черного моря как основа их регионального оценивания. *Вод. биоресурсы и среда обитания.* 2018. № 11. С. 86—103.
20. Abella A., Caddy J.F., Serena F. Estimation of the parameters of the Caddy reciprocal M-at-age model for the construction of natural mortality vectors. *Dynamique des populations marines.* 1998. N 35. P. 191—200.
21. Bondarev I.P., Malakhova L.V. The total concentration of carotenoids in *Rapana venosa* gonad. *Int. J. Mar. Sci.* 2016. Vol. 6, N 11. P. 1—7.
22. Culha M., Bat L., Dogan A., Dagli E. Ecology and distribution of the veined rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) in Sinop peninsula (Southern Central Black Sea). *J. Anim. Vet. Adv.* 2009 Vol. 8, N 1. P. 51—58.
23. FAO. The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. 2018. 172 p.
24. Martiradonna A. Modelli di Dinamica Delle Popolazioni Ittiche: Stima dei Fattori di Incremento e Decremento Dello Stock. Tesi di Laurea Magistrale, Dipartimento di Matematica, Università di Bari. 2012
25. Methot R., Wetzel C. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Res.* 2013. Vol. 142. P. 86—99.
26. Saglam H., Kutlu S., Dagtekin M. et al. Population biology of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda: Neogastropoda) in the south-eastern Black Sea of Turkey. *Cahiers de Biol. Mar.* 2015. Vol. 56. P. 363—368.
27. Snigirov S. M., Medinets V. I., Chichkin V. M. Sylantyev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea. *Aquatic Invasions.* 2013. Vol. 8, N 3. P. 289—297.

Надійшла 30.08.2021

B.S. Hulak, PhD student¹, Researcher²

¹Odessa I.I. Mechnikov National University,
2, Dvoryanska str., Odessa, 65082, Ukraine

²Odessa Center of Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
12 Shevchenko ave., Odessa, 65058, Ukraine,
gulak.bogdan94@gmail.com
ORCID 0000-0002-5991-3715

Ye.Yu. Leonchik, PhD (Math.) Associate Prof.¹, Senior Researcher²

¹Odessa I. I. Mechnikov National University,
2, Dvoryanska str., Odessa, 65082, Ukraine

²Odessa Center of Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
12 Shevchenko ave., Odessa, 65058, Ukraine,
leonchik@ukr.net
ORCID 0000-0003-1494-0741

O.K. Chashchyn, PhD (Biol.), Leading Researcher,

Odessa Center of Southern Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography
12 Shevchenko ave, Odessa, 65058, Ukraine
alchashchin@gmail.com
ORCID 0000-0002-4780-4044

THE COMPOSITION OF POPULATION AND MAIN BIOLOGICAL PARAMETERS
OF RAPA WHELK *RAPANA VENOSA* IN THE NORTH-WESTERN SECTION OF
THE BLACK SEA

Data on the age, sex, and size-weight composition of the Rapa whelk (*Rapana venosa*) population were obtained basing on the analysis of samples from 69 beam trawl catches and 7 diving collections in the north-western section of the Black Sea over 2018—2020. Rapa whelk in the catches was presented by twelve age groups from 2+ to 13+, and the bulk of them were individuals 7 to 8 years old. Ratio of males and females on the whole was close to 1 : 1. However, females predominate in the younger age groups, and males — in the older groups owing to the higher natural mortality of females. The values of the growth parameters from the Bertalanffy equation were used to estimate natural mortality by the ProdBiom method. The average value of the natural mortality rate in the population was 0,41. Despite the facts that, Rapa whelk has become the main object of Ukrainian commercial catching its withdrawal increased drastically in recent years, the structure of the population has not undergone significant changes so far the most probably due to the high reproductive capacity of this invasive species, which has no natural enemies, and abundance of food objects at the shallow shelf in the marine zone of Ukraine. The data obtained can be used for further modeling of population dynamics and fishery regulation.

Keywords: *Rapa whelk, shell, age, sex structure, natural mortality, growth.*