

РИБОГОСПОДАРСЬКА ГІДРОБІОЛОГІЯ І ІХТІОЛОГІЯ

УДК 574.639.27

Б.С. ГУЛАК, аспірант, мол. наук. співроб.,
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
gulak.bogdan94@gmail.com
ORCID 0000-0002-5991-3715

Є.Ю. ЛЕОНЧИК, к. б. н., доцент,
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
leonchik@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1494-0741

С.М. СНІГІРЬОВ, к. б. н., ст. наук. співроб.,
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна,
snigirev@te.net.ua
ORCID: 0000-0003-3287-2519

О.К. ЧАЩИН, к. б. н., провідний наук. співроб.,
Експерт проекту BlackSea4Fish
alchashchin@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4780-4044

СТАН ПРОМИСЛОВОГО РЕСУРСУ РАПАНИ *RAPANA* *VENOSA* (VALENCIENNES, 1846) НА ПРИБЕРЕЖНИХ ДІЛЯНКАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

На основі аналізу проб з 857 уловів бімтралів і 7 водолазних зборів у північно-західній частині Чорного моря в період з 2018 по 2021 р. були отримані дані щодо вікової та розмірно-масової структури популяції та просторового розподілу важливого об'єкта промислу — рапани *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). Загалом було проаналізовано 13 723 особини. Виявлено, що найбільша біомаса цього молюска зосереджена на глибинах до 25 м. Глибше 25 м чисельність рапани різко знижувалась через недостатню кількість кормових організмів і низьку температуру води. Проведені у 2020—2021 рр. зйомки бімтралом показали, що на значних площах акваторії шельфу в придонних горизонтах широко поширені зони гіпоксії. В уловах часто був присутній чорний мул з різким запахом сірководню. Наслідком цих явищ стала масована загибель молюсків-фільтраторів і рапани в шельфовій зоні. На глибинах 5—25 м рапана була представлена дванадцятьма віковими групами від 2+ до 13+, а основну частку складали особини віком 6—8 років. Глибше 25 м більшість молюсків мали вік 7—9 років. У глибоководну зону рапана потрапляє шляхом міграції з більш

Ц и т у в а н н я: Гулак Б.С., Леончик Є.Ю., Снігірьов С.М., Чащин О.К. Стан промислового ресурсу рапани *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на прибережних ділянках північно-західної частини Чорного моря. *Гідробіол. журн.* 2024. Т. 60. № 2. С. 40—63.

мілководних ділянок, де відбувається її розмноження. Запас рапани в українських водах, оцінений методом прямого тралового обліку, коливався в період робіт у межах 28,5—72,7 тис. т. Результатом математичного моделювання промислової популяції рапани за допомогою BSM аналізу стала оцінка запасу на рівні 35,7 тис. т. Інтенсифікація промислу цього молюска в останні роки не призвела до надмірної експлуатації його запасу. Розмірно-вікова структура популяції не зазнає суттєвих змін. Ділянки акваторій, які є доступними для рибалок, складають не більше 15—20 % від всієї площі шельфу, на якому мешкає рапана. Завдяки хорошим умовам нагулу і постійній міграції рапани з неохоплених ловом ділянок її ресурс демонструє високу здатність до стійкого відтворення.

Ключові слова: рапана, запас, біомаса, експлуатація, тралова зйомка, вікова структура.

Хижий червононогий молюск рапана *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) на початку 1940-х років був випадково інтродукований в Чорне море з північного заходу Тихого океану. Вперше рапану в Чорному морі було виявлено у північно-східній його частині в 1947 р. [5]. Цей вид характеризується високою толерантністю до умов середовища, тому за відсутності природних ворогів він швидко поширився в новому ареалі.

Вселення та широке розповсюдження рапани в Чорному морі мало катастрофічні наслідки для аборигенної біоти. Як відомо, основним кормом для рапани тут виступають різні види молюсків: устриця (*Ostrea edulis*), мідія *Mytilus galloprovincialis*, мітілястер *Mytilaster lineatus*, хамелея *Chamelea gallina*, анадара *Anadara inaequivalvis* та інші. Цим хижаком були знищені устричні та мідійні банки, перш за все у берегів Кавказу та Анатолії. Також постраждали поселення інших видів молюсків-фільтраторів майже на всіх прибережних ділянках моря [16, 28]. Нині, під впливом рапани, чисельність мідій та інших двостулкових молюсків у Чорному морі продовжує постійно скорочуватись [15, 26]. Відомо, що чисельність рапани обмежується тільки кількістю корму, промисловою діяльністю людини та абіотичними факторами природного середовища [19].

У перші десятиріччя після вселення зона поширення рапани охоплювала переважно східну та південну частини Чорного моря, які характеризуються найбільшою солоністю води. З цієї причини промисел рапани спочатку, у 1960-х роках, здійснювався тільки в районі Кавказького узбережжя і поблизу Керченської протоки. Цих молюсків видобували переважно з допомогою аквалангістів. У той час промисел був орієнтований перш за все на видобуток черепашок для виготовлення сувенірної продукції. Значно більший промисел рапани в 1970-х роках став розвиватись у водах Болгарії. Обсяги вилучення у водах цієї країни коливалися від 3,0 до 4,9 тис. т на рік. Незабаром вилов рапани суттєво збільшився і у водах Туреччини, яка з часом стала основним видобувачем цього молюска в Чорному морі. Нарощування обсягів вилову у країнах південної частини моря супроводжувалось зміною технологій промислу. З 1980-х роках у Туреччині та Болгарії для вилову рапани почали застосовувати активні знаряддя лову — драги і донні бімтрали. Надалі з розвитком експорту

м'яса цього молюска в країни Східної Азії промисел рапани набув дуже високого значення практично в усіх причорноморських країнах.

До 2000-х років у розпріснених водах північно-західної частини Чорного моря рапану майже не знаходили [9]. Однак починаючи з 2010 р., цей молюск став систематично відмічатись тут у великих кількостях, навіть у передгірлових районах великих річок — Дунаю, Дніпра та Дністра [4]. На фоні скорочення уловів промислових риб рапана стала основним об'єктом промислу українських підприємств. В останні 5 років рапана почала складати до 70 % від загального видобутку нашою державою водних біоресурсів у Чорному морі. Оскільки рапана належить до найважливіших об'єктів промислового рибальства в басейні, оцінкам її запасів та управлінню її видобутком нині приділяють особливу увагу на національному та регіональному рівнях. Перші дані щодо біомаси рапани на ділянках шельфу Чорного моря були отримані спеціалістами ПівденНІРО (м. Керч) методом прямого обліку під час драгових зйомок, які проводились в районі Керченської протоки в 1988—1992 рр. У той період запас рапани у водах Керченської протоки коливався на рівні 7074—9252 т, а на прилеглий морській акваторії біля кавказького узбережжя складав 6950 т [7]. У 2011—2017 рр. оцінки запасів рапани проводились робочою групою експертів Науково-технічного та економічного комітету з рибальства (EWG STECF) Європейської комісії [27]. З 2017 р. до вирішення цієї задачі підключилась і Субрегіональна група Чорного моря з оцінки запасів (SGSABS) під егідою Генеральної комісії з рибальства в Середземному морі (GFCM) (FAO, 2018). Ці групи дослідників проводили оцінку запасу рапани та рівня її промислової експлуатації для Чорного моря в цілому за допомогою математичного моделювання, з об'єднанням та стандартизацією всіх вхідних даних, які були надані країнами регіону. Однак під час загальної для моря оцінки запасу не були враховані географічні та океанографічні особливості окремих акваторій моря, які визначають внутрішньовидову структуру та особливості розповсюдження цього немігруючого виду.

Перша оцінка запасу рапани в українських водах північно-західної частини Чорного моря була отримана нами також методом математичного моделювання і показала, що загальна біомаса цього молюска досягає високого значення — 28,9 тис. т [4]. Однак до теперішнього часу інформація щодо просторового розподілу рапани в цьому районі була майже відсутня. Також наразі відсутні достовірні дані щодо сезонної та річної динаміки популяції цього молюска. Слід мати на увазі, що такі детальні дані щодо цього об'єкта промислу вкрай необхідні для прогнозування стану цього ресурсу та організації його раціонального використання. У зв'язку з цим нами була поставлена мета отримати оцінку біомаси рапани на українському шельфі в північно-західній частині Чорного моря протягом декількох років з використанням як прямого обліку стандартним знаряддям лову, так і математичного моделювання, що ґрунтується на розширеній базі даних, зібраних у цьому конкретному районі. Безсум-

нівно важливим, на нашу думку, є і дослідження впливу українського промислу на ресурс рапани.

Перед початком дослідницьких робіт були сформульовані наступні завдання:

- дослідити особливості розподілу рапани на шельфі північно-західної частини Чорного моря;
- вивчити розмірно-масову та вікову структуру популяції на різних ділянках шельфу;
- вивчити умови довкілля, які впливають на популяцію рапани;
- оцінити запас рапани в українських водах методом прямого обліку;
- оцінити запас рапани в українських водах методом математичного моделювання;
- оцінити рівень промислової експлуатації ресурсу рапани в українських водах.

Матеріал і методика досліджень

Науково-дослідні роботи здійснювали в морських експедиціях з 2018 по 2021 р. на прибережних ділянках північно-західної частини Чорного моря в межах кордонів України. Оскільки рапана перебуває на поверхні морського дна лише в теплу пору року [19], польові роботи проводили з початку червня до першої половини листопада. Щорічно проводили збір матеріалів на промислових суднах, які використовували активні знаряддя лову — бімтралі. Промислові судна мали довжину 12—24 м. Ширина гирла бімтралів коливалась залежно від розміру судна в межах 2,9—4,2 м. У процесі кожного тралення улов накопичувався у мішку, який складався з комбінації делі та сталевіть кольчуги з вічком 35—60 мм. Під час наших обстежень тралення проводили рибалки-промисловики на глибинах 5—30 м протягом 0,5—2 год. Окрім того, з метою отримання додаткових даних про склад популяції рапани та її біологію в 2018—2021 рр. здійснювали відбір проб на малих плавзасобах, які займалися водолазним промислом на глибинах 5—10 м. Під час обстеження промислових суден особливу увагу приділяли ділянкам масових скупчень рапани, де здійснювався її найбільш масовий видобуток. Серед них найважливішими були: акваторія, прилегла до Тендрівської коси, Одеська і Дністровська банки та прибережна зона від с. Лебедівка до гирла Дунаю.

Під час вивантаження і сортування улову відмічали тип ґрунту в районі лову, частки порожніх черепашок, живих і мертвих молюсків, прилов риб та безхребетних, наявність макрофітів та об'єкти живлення рапани. У всіх випадках відмічали час доби, глибину з даних ехолота, координати проведення лову та його тривалість. Загалом матеріал, що характеризує рапану, яку добувають рибалки, був відібраний із 698 уловів бімтралів та 7 водолазних зборів (табл. 1).

Окрім зборів даних на промислі, в 2020—2021 рр. у межах проекту BlackSea4Fish під егідою GFCM-FAO на спеціально орендованому судні були виконані три науково-дослідні експедиції, завданнями яких були

Таблиця 1

Обсяг матеріалу з промислових уловів, який був проаналізований для дослідження рапани у 2018—2021 рр.

Види аналізу	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	Сума
Проміри довжини та маси, екз.	1323	3099	1206	1787	7415
Визначення статі та віку, екз.	1004	746	563	672	2985
Кількість проб, од.	11	18	10	15	54

облікові зйомки бімтралом стандартного розміру. Зйомки стандартним тралом проводили одночасно з іншими причорноморськими країнами за стандартною методикою, розробленою спільно з групою міжнародних експертів [17]. Облікові зйомки проводили протягом 10—12 днів кожна — в жовтні 2020 р., у червні та жовтні 2021 р. У водах України для облікових тралень стандартним тралом було визначено 48 постійних станцій. Для вибору координат цих станцій були проаналізовані відомості, надані капітанами риболовних суден, щодо наявності на дні моря перешкод, які в минулому призводили до пошкодження тралових знарядь лову. Загалом було виявлено понад 900 таких ділянок прибережної акваторії, координати яких були виключені з плану зйомки. Станції тралової зйомки розміщували з урахуванням необхідності обстеження глибин в діапазоні від 5 до 35 м, де згідно з даними, отриманими нами на промислових судах, зустрічалась рапана. Попередньо заплановані тралення були розподілені за трьома стратами в діапазонах: 5—15 м, 15—25 м і 25—35 м, кількість тралень на яких складала відповідно 18, 19 і 11. Станції розташовували за можливості рівномірно по площі кожної страти. Більша щільність станцій у перших двох стратах була визначена з огляду на дані про вищі улови рибалок на цих глибинах. Схема розташування тралових станцій представлена на рисунку 1.

Крім цих постійних тралових станцій, під час кожної зйомки після отримання даних про найбільш значні концентрації рапани в окремих районах з метою оконтурення меж скупчень молюсків виконували ще п'ять додаткових станцій.

Обліковим знаряддям для зйомок слугував бімтрал, побудований за конструкцією, запропонованою всім країнам регіону для науково-дослідного обліку цього об'єкта Генеральною комісією з рибальства в Середземному морі (GFCM — FAO) [21]. Горизонтальне розкриття тралу складало 300 см, вертикальне розкриття — 11 см, розмір вічка делі у мішку бімтрала складав 35 мм. Придонну температуру під час тралень вимірювали за допомогою датчика НОВО МХ2201, який був закріплений на рамі бімтрала. Тралення в облікових зйомках проводили виключно у світлу пору доби. Тривалість кожного тралення складала 30 хв за швидкості 1,5—2 вузли. Загалом у трьох зйомках було проведено 159 облікових тралень (табл. 2). Коефіцієнт уловистості бімтрала вважали рівним 1.



Рис. 1. Схема розташування постійних станцій облікових тралових зйомок рапани у водах України в 2020—2021 рр.

Як і під час робіт на промислі, у процесі зйомок для біологічного аналізу з уловів випадковим чином відбирали по 100—150 екз. рапани. Довжину (висоту) черепашок молюсків вимірювали штангенциркулем з точністю до 0,1 мм. Вагу молюсків визначали на електронних вагах з точністю до 0,1 г. Черепашки рапани перед зважуванням очищали від обростань за допомогою металеві щітки. Стать визначали за наявністю копулятивного органу або за кольором гонад [12].

Для визначення віку рапани за основу було взято методику, запропоновану В.Д. Чухчіним [11, 12], з урахуванням додаткових уточнень, розроблених на підставі наших попередніх досліджень [19]. Вік молюсків визначали, підраховуючи нерестові мітки, які утворюються на поверхні черепашки внаслідок уповільнення росту молюска. Оскільки перший не-

Таблиця 2

Обсяг матеріалу з облікових зйомок, який був проаналізований для дослідження рапани у 2020—2021 рр.

Види аналізу	Жовтень 2020 р.	Червень 2021 р.	Жовтень 2021 р.	Сума
Проміри довжини та маси, екз.	4418	3050	3320	10788
Визначення статі та віку, екз.	1293	884	940	3117
Кількість проб, од.	41	33	37	111

рест у рапани відбувається на третьому році життя, загальний вік визначали за формулою $n + 2+$, де n — кількість нерестових міток.

Статистичну обробку отриманих під час польових досліджень даних проводили за загальноприйнятими методиками з використанням програм Microsoft Excel 2016 та Statistica 2010.

Для моделювання стану популяції рапани було застосовано математичну модель BSM. У моделі BSM реалізується продукційний підхід до популяційного моделювання у вигляді рівняння Шеффера для вирішення диференціального рівняння зміни біомаси запасу [18, 24, 25]. Такий підхід дозволяє виконати оцінку біомаси запасу (B), промислової смертності (F) та орієнтирів раціональної експлуатації (MSY) на основі вхідного ряду про величини багаторічного вилову, улову на промислове зусилля та біологічної інформації про популяційну гнучкість виду. Для налаштування роботи моделі попередньо розраховували коефіцієнти природної смертності рапани (M) за методом ProdBioM [13]. Використовували значення коефіцієнтів Гекслі та Берталанфі, які розраховували на основі отриманих нами даних щодо розмірно-вікової структури популяції моллюсків. Для роботи ProdBioM в якості програмного забезпечення використовували R—скрипт [22].

Результати досліджень

Оцінка біомаси і чисельності рапани, отримані в морських експедиціях. Під час проведених облікових зйомок було виявлено широке розповсюдження рапани в українських водах. Ці моллюски зустрічались на донних субстратах всіх типів, проте найбільшій чисельності вони досягали на піщаному та черепашковому ґрунтах. Біомаса рапани на одному квадратному метрі на таких субстратах могла досягати високих значень — 18—30 г/м². Найбільш значні поселення рапани були відмічені нами в районі Дністровської банки, у коси Тендра, а також на глибинах менше 20 м від гирла Дністровського лиману до гирла Дунаю, де середні показники біомаси склали відповідно 29, 27 і 21 г/м². На замулених субстратах, які були характерні для поглиблень дна, рапана зустрічалась в значно меншій кількості, її біомаса на таких ділянках була не більше 10 г/м².

До загальних закономірностей у розподілі рапани слід також віднести той факт, що зустрічальність цього моллюска і, відповідно, показники біомаси на третій, глибоководній, страті (25—35 м) були суттєво нижчими порівняно з двома більш мілководними районами (рис. 2—5, табл. 3).

Найвищі значення загальної чисельності і біомаси рапани були зареєстровані під час першої тралової зйомки — восени 2020 р. У цей період рапана була присутня на 43 станціях з 53 (частота зустрічальності— 81,1 %), а сумарна біомаса по всьому району досягала 72,7 тис. т (див. рис. 2., табл. 3).

Протягом цієї зйомки на глибинах більше 20 м були виявлені найбільш явні ознаки придонної гіпоксії. У низці випадків у тралі відмічалась наявність чорного мулу з різким запахом сірководню. Рапана в таких місцях була або відсутня, або зустрічалась поодинокими особинами. В

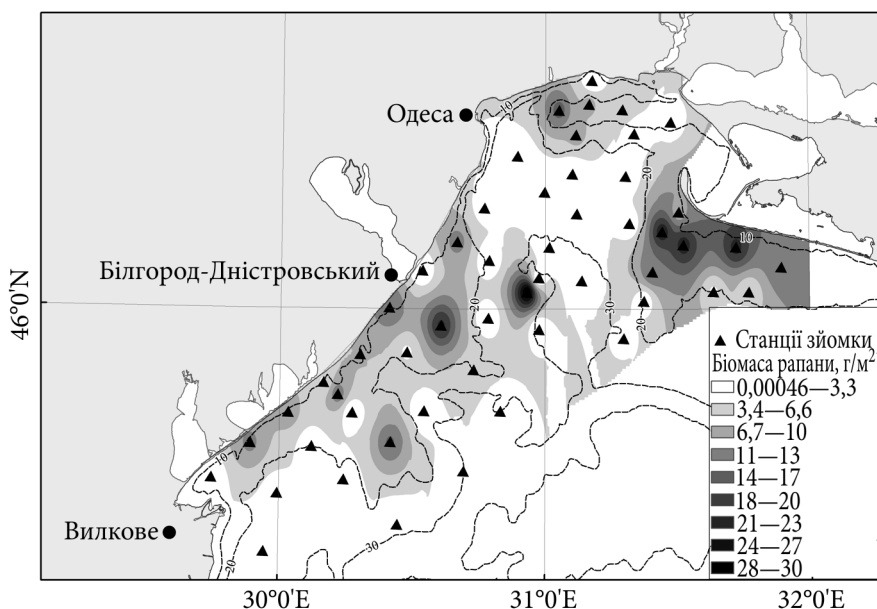


Рис. 2. Розподіл рапани в українських водах за результатами зйомки бімтралом у жовтні 2020 р.

уловах трала тут у кількості до декількох сотень кілограм зустрічались пошкоджені сірководнем стулки загиблої мідії.

Наступна зйомка, яка була проведена в червні 2021 р., виявила суттєве скорочення запасу рапани — до 28,5 тис. т (див. табл. 3). Зменшення біомаси та чисельності цих молюсків порівняно з минулим роком спостерігали в усіх обстежених районах моря. В акваторії Дністровської банки на тих станціях, де восени минулого року реєстрували найбільшу кількість молюсків, в червні 2021 р. улови впали практично до нуля. Вдвічі зменшились показники біомаси рапани і в районі Тендрівської коси. Загальна частота зустрічальності рапани в уловах трала в розрахунку на всі райони другої зйомки зменшилась порівняно з минулим роком і склала тільки 69,8 %. Слід зауважити, що в найбільш глибоководній третій страті рапана взагалі була відсутня (рис. 4.). Відносно щільні поселення цих молюсків в цей період були відмічені нами тільки на невеликій за площею ділянці від гирла Дністровського лиману до гирла Дунаю на глибинах до 15 м (див. рис. 4.). Проте на деяких станціях, розташованих на глибинах менше 25 м, в гирлі трала в цей період було відмічено велику кількість нитчастих водоростей, які, очевидно, погіршували роботу облікового знаряддя лову.

Під час третьої зйомки восени 2021 р. кількість станцій, на яких була присутня рапана, залишалась невисокою — вона складала тільки 62,3 % від загальної кількості (див. рис. 4). Хоча заморні явища в придонних горизонтах моря відмічались не так часто, як восени минулого року. Поси-

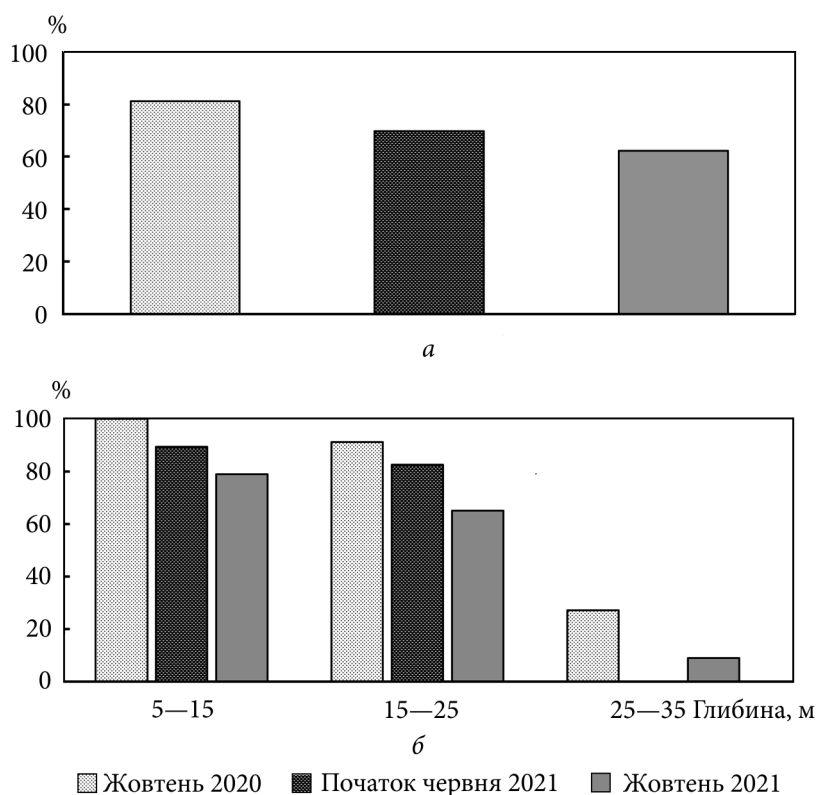


Рис. 3. Частота зустрічальності рапани на станціях тралових зйомок у північно-західній частині Чорного моря: *а* — середня частота зустрічальності рапани на станціях зйомок у північно-західній частині Чорного моря у 2020—2021 рр.; *б* — частота зустрічальності рапани на різних глибинах у північно-західній частині Чорного моря у 2020—2021 рр.

ленню вертикального перемішування вод і скороченню зон придонної гіпоксії сприяла холодна і вітряна погода влітку 2021 р. Незважаючи на те, що рапана все ще була відсутня більш ніж на третині станцій, показники її чисельності і біомаси зросли відносно початку літа. Отже, розрахований запас збільшився до 43 тис. т. Оскільки в цей час не було відмічено аномалій в умовах морського середовища, які могли б впливати на облов рапани, ці дані можуть бути прийняті для аналізу міжрічної динаміки запасу.

Структура популяції рапани. Для оцінки вірогідного впливу промислу на ресурс рапани насамперед здійснювали аналіз часової та просторової динаміки вікової структури популяції. Дані, що були отримані за підсумками регулярних масових визначень віку рапани як на промислових судах, так і під час облікових зйомок, дозволили дійти висновку про те, що вікова структура її популяції залишалась досить стабільною впродовж 2018—2021 рр. Незважаючи на інтенсифікацію промислу в ці роки, омолодження популяції не відбувалось. Молюски в уловах були пред-

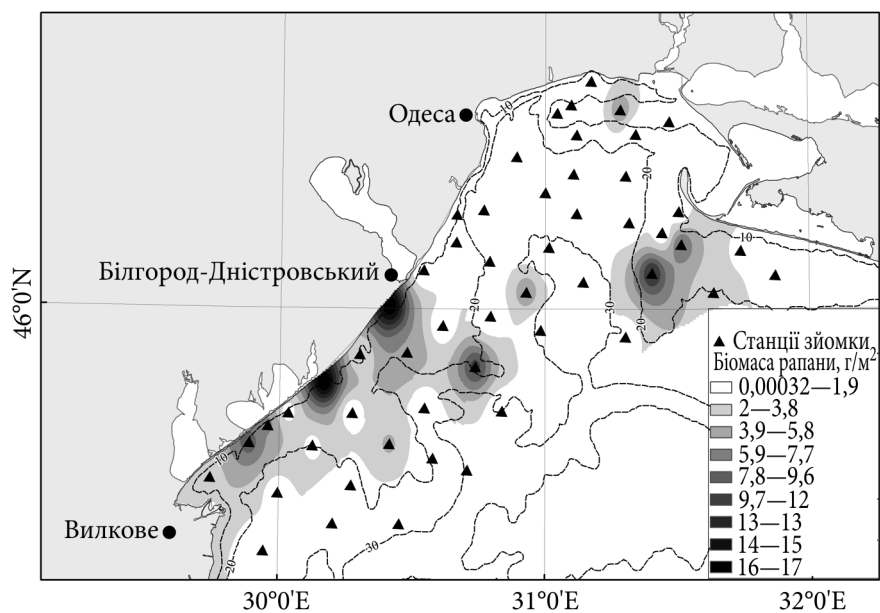


Рис. 4. Розподіл рапани в українських водах за результатами зйомки бімтралом у червні 2021 р.

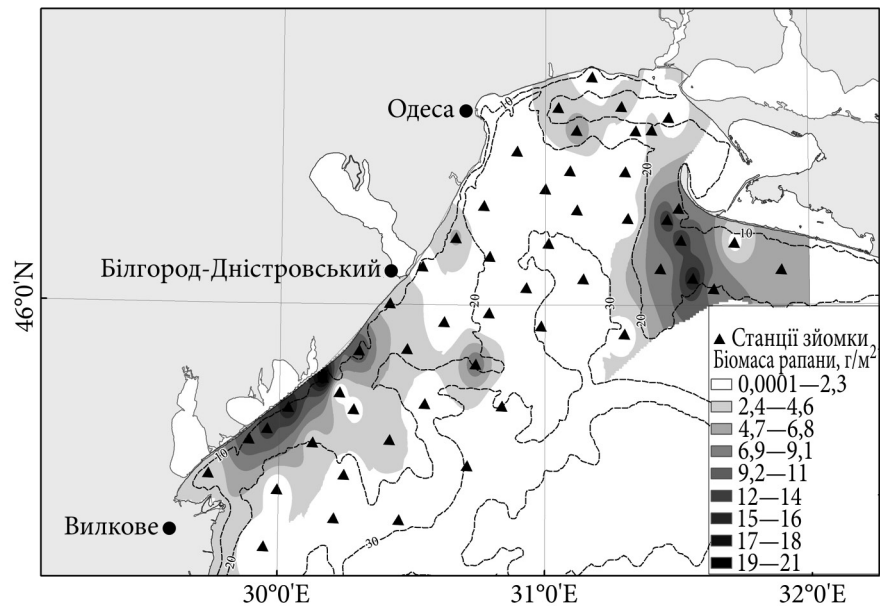


Рис. 5. Розподіл рапани в українських водах за результатами зйомки бімтралом в жовтні 2021 р.

ставлені 12 віковими групами від 2+ до 13+. Найбільшу кількість становили особи віком 6—8 років, частка яких у період досліджень коливалась

Таблиця 3
Результати тралових зйомок рапани в українській зоні північно-західної частини Чорного моря у 2020—2021 рр.

№ страти	Глибина, м	Середня температура придонного шару, °С	Площа, км ²	Чисельність на шельфі, екз.	Чисельність, екз/м ²	Біомаса, г/м ²	Запас, т
Жовтень 2020 р.							
1	5—15	20,0±0,26	3220,4	4,1×10 ⁸	0,13±0,02	8,2±1,5	26507,8
2	15—25	—	7762,5	7,9×10 ⁸	0,10±0,03	5,8±1,8	45289,9
3	25—35	—	5488,2	8,7×10 ⁵	0,0016±0,001	0,2±0,001	902,4
Всього		—	16471,1	1,2×10 ⁹	—	—	72700,1
Червень 2021 р.							
1	5—15	11,8±0,52	3220,4	1,9×10 ⁸	0,06±0,02	3,5±1,2	11374,5
2	15—25	8,6±0,16	7762,5	3,3×10 ⁸	0,04±0,01	2,2±0,8	17128,2
3	25—35	8,0±0,11	5488,2	0	0	0	0
Всього		—	16471,1	5,2×10 ⁸	—	—	28502,7
Жовтень 2021 р.							
1	5—15	13,8±0,12	3220,4	3,5×10 ⁸	0,11±0,02	6,5±1,3	20785,3
2	15—25	14,4±0,17	7762,5	3,8×10 ⁸	0,05±0,01	2,9±0,9	22378,5
3	25—35	14,2±0,22	5488,2	1,0×10 ⁶	0,0002	0,02±0,024	137,19
Всього		—	16471,1	7,2×10 ⁸	—	—	43300,9

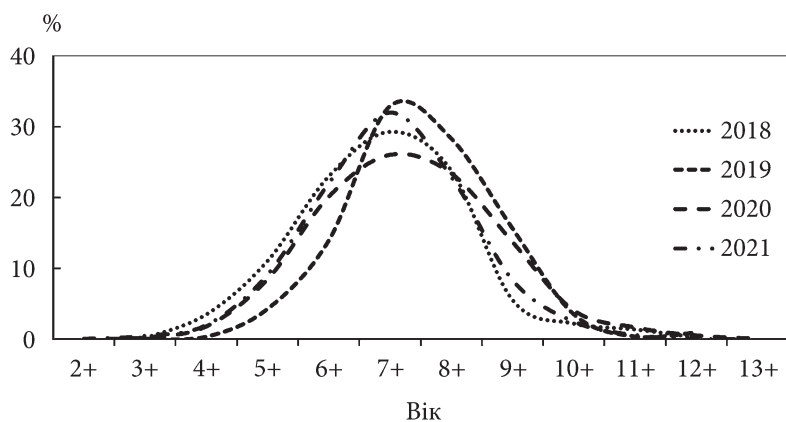


Рис. 6. Вікова структура популяції рапани у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2021 рр.

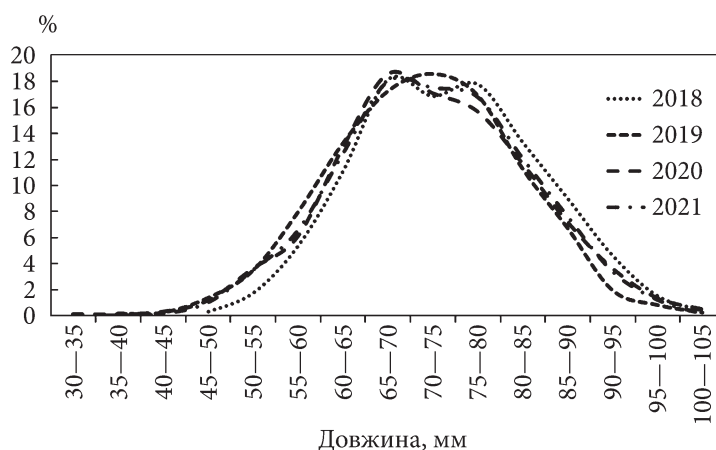


Рис. 7. Розмірна структура популяції рапани у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2021 рр.

на рівні 69,6—76,8 % і в середньому склала 74,4 % (рис. 6). Відповідно і розмірний склад популяції залишався стабільним. В уловах домінували особини розміром 60—85 мм, а їхня частка складала більше 75 %. Зменшення частки великих особин не спостерігали (рис. 7).

Як вдалося встановити під час облікових тралових зйомок, вікова структура поселень рапани може змінюватись залежно від глибини моря. На глибинах 5—25 м серед молюсків домінували особини віком 6—8 років і розміром 60—85 мм, частка яких коливалась у межах 70—75 %. Глибше 25 м дрібніші особини рапани віком молодше 4 років були практично відсутні. Не менше 80 % всіх виявлених тут молюсків мали вік 7—9 років і великий розмір черепашки — 70—95 мм (рис. 8, 9).

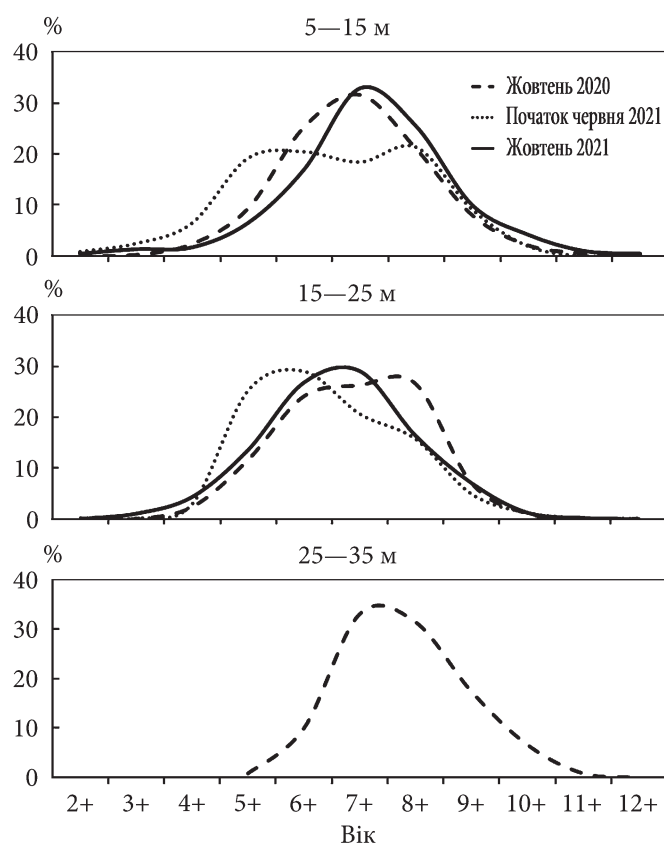


Рис. 8. Вікова структура поселень рапани на різних глибинах у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2021 рр.

Спостереження не виявили значних сезонних змін у масових характеристиках рапани (рис. 10). Проте було достовірно встановлено, що на глибинах 5—15 м середні значення маси рапани були на 3—5 г більшими, ніж у молюсків тієї самої довжини, які мешкають глибше.

Умови життя рапани і її кормова база. Під час облікових зйомок попутно вдалося отримати деякі дані про гідробіонтів, які є кормовими об'єктами для рапани, а також оцінити умови життя молюсків. З огляду на видовий склад об'єктів живлення, яких ми знаходили в черепашках рапани, основним кормовим об'єктом для неї виступає молюск *S. gallina*, який складав 70 % від раціону. Менш інтенсивно рапана живиться анадарою *A. inaequalvis* та церастодермою *Cerastoderma glaucum*. Проведення достовірної оцінки біомаси цих об'єктів живлення рапани під час зйомок було неможливим через майже повне просіювання цих невеликих за розміром молюсків крізь дель кутця бімтрала. Іншим значущим об'єктом живлення рапани є мідія *M. galloprovincialis*. Цей більший за розміром молюск, який утворює великі друзи, значно краще уловлювався обліко-

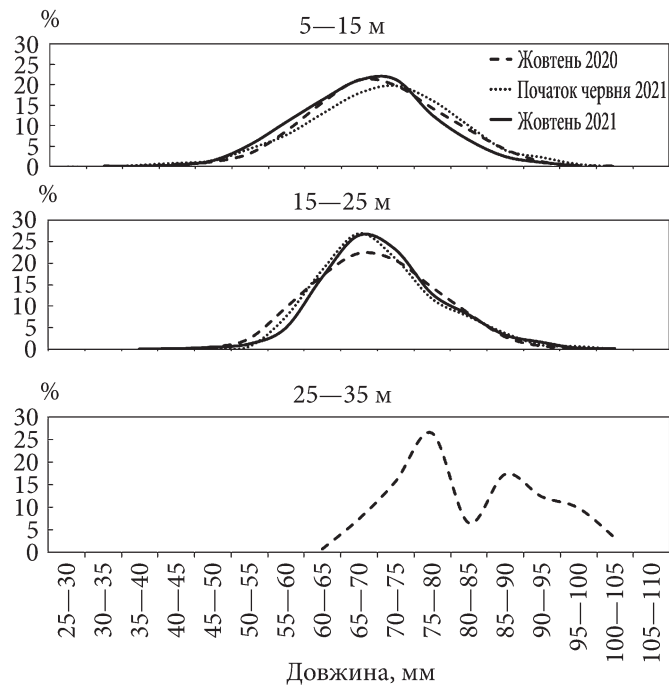


Рис. 9. Розмірна структура поселень рапани на різних глибинах у північно-західній частині Чорного моря у 2018—2021 рр.



Рис. 10. Середні значення маси рапани за розмірними класами у 2020—2021 рр.

вим бімтралом, що дозволило оцінити кількісні характеристики його поселень на шельфі. Середня частота зустрічальності мідій в уловах у всіх трьох зйомках склала 20 %. Біомаса цих молюсків коливалась в межах 0,005—178,3 г/м² і в середньому склала 20,3±3,8 г/м². Найбільш щільні по-

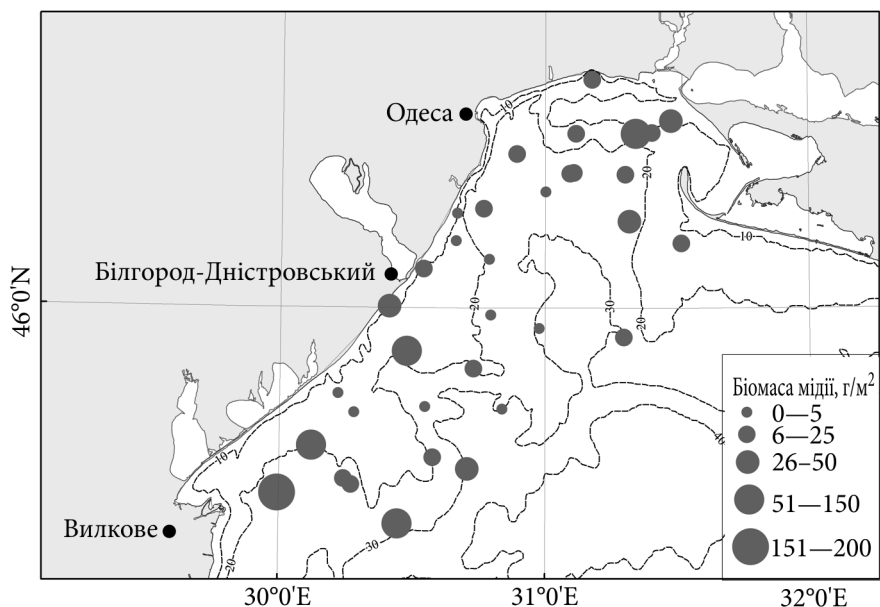


Рис. 11. Розподіл мідії в українських водах за результатами зйомок бімтралом в 2020—2021 рр.

селення мідії спостерігались нами поблизу гирл Дунаю, Дністровського та Дніпровсько-Бузького лиманів на глибинах 15—25 м (рис. 11).

Упродовж зйомок було підтверджено той факт, що серйозним негативним фактором, який у сучасних умовах зменшує популяцію мідій на північно-західному шельфі моря, є регулярне виникнення заморних явищ у придонних горизонтах моря. Такі явища стали досить звичайними для північно-західної частини моря влітку. Їхній розвиток пов'язаний з недостатньою вертикальною конвекцією водної товщі, коли легші прісні річкові води нашаровуються на важчі морські води. Відомо, що скорочення і перерозподіл річкового стоку, а також антропогенна евтрофікація збільшили частоту подібних явищ в останні десятиліття [1, 3, 10, 14]. У першій зйомці у 2020 р. на 19 станціях з 53, тобто в 35,8 % випадків, були відмічені факти масової загиблі бентосних організмів, насамперед мідій, через гіпоксію. У цей період заморні явища найчастіше спостерігали на другій страті (13 станцій з 19—68,4 % випадків). У двох інших стратах на глибинах 5—15 м та 25—35 м сліди заморів не були інтенсивними і відмічались набагато рідше — 16,7 та 27,3 % випадків відповідно. Під час другої зйомки, яку проводили на самому початку літа 2021 р., придонна гіпоксія ще не встигла розвинути. Однак восени 2021 р. на багатьох станціях, насамперед на другій страті, нами знову були відмічені наслідки заморних явищ. На всіх станціях, де були виявлені ознаки гіпоксії, в уловах бімтрала була присутня велика кількість мертвих молюсків (переважно мідій) та чорного мулу із запахом сірководню. Рапана в зонах замор-

них явищ була малочисельною, однак нерідко була представлена живими особинами, що свідчить про її здатність переживати тривалу гіпоксію. Мідія в таких районах не досягала розмірів понад 40 мм. У своїй більшості живі мідії тут були представлені дрібними особинами покоління поточного року з модальною довжиною 15—20 мм.

Оцінка методом математичного моделювання запасу рапани та впливу промислу. Вхідними даними для продукційної моделі BSM, яку використовували для оцінки стану популяції та впливу промислу, послуговували багаторічні дані уловів цього виду в українських водах (табл. 4) та показники улову на зусилля (CPUE), які по роках складали: 2017 — 119 кг, 2018 — 197, 2019 — 151, 2020 — 166, 2021 — 113 кг.

Налаштування моделі проводили з використанням коефіцієнтів темпів росту та природної смертності. Ці показники розраховували на основі всіх зібраних впродовж 2018—2021 рр. даних, які характеризують розмірно-вікову структуру популяції рапани. Таким чином, параметри рівняння росту Бергаланфі для рапани, що живе в зоні України в Чорному морі (2018—2021 рр.) складали: $L_{\infty} = 11,46$; $K = 0,135$; $t_0 = -0,10$; $a = 0,4558$; $B = 2,5706$.

Розрахований на основі параметрів Бергаланфі середній коефіцієнт природної смертності (M) для обох статей рапани склав 0,40.

Завдяки моделюванню вдалося виявити динаміку впливу промислу на ресурс рапани за останні два десятиліття та оцінити запас цього молюска. Виявилось, що до 2017 р. рівень біомаси рапани (B) у водах України більше ніж у 1,5 раза перевищував значення, необхідне для підтримки оптимального стійкого улову — B_{MSY} . Однак відношення поточної промислової смертності до оптимальної (F/F_{MSY}) було вкрай низьким (рис. 12). Це дозволяє стверджувати, що в той період ресурс значною мірою був не-

Таблиця 4

Улови рапани в Україні в період 2000—2021 рр., т

Роки	Улов, т	Роки	Улов, т
2000	913	2011	180
2001	395	2012	509
2002	91	2013	644
2003	149	2014	200
2004	159	2015	369
2005	161	2016	1060
2006	156	2017	1375
2007	201	2018	5562
2008	135	2019	11043
2009	190	2020	6305
2010	225	2021	4941

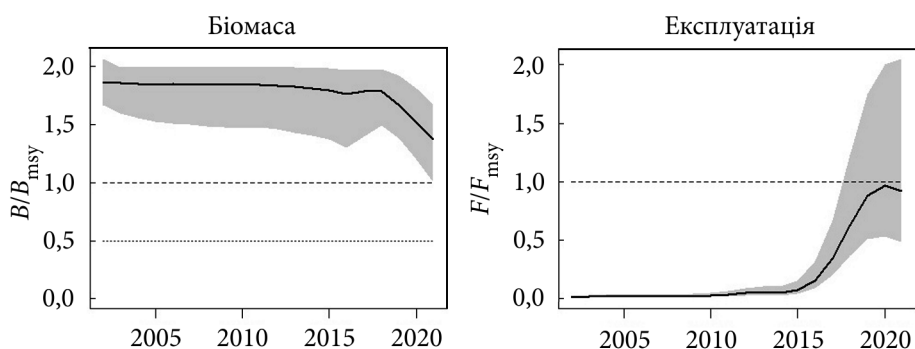


Рис. 12. Оцінка рівня біомаси та експлуатації рапани в зоні України в 2000—2021 рр.

достатньо використаним. У 2018 р. через різке збільшення вилову рапани рівень її біомаси почав скорочуватись. Відбулось і суттєве збільшення рівня промислової смертності. Проте обидва розраховані показники не перевищували граничних значень, які б вказували на перелов ресурсу рапани в українських водах (див. рис. 12.). Розрахований згідно з моделлю запас рапани у водах України в 2021 р. склав 35,7 тис. т.

Достовірність отриманих за допомогою даної моделі результатів була підтверджена ретроспективним аналізом. Результати такого аналізу показали, що величина біомаси рапани в 2021 р. була дещо завищеною, а рівень промислової смертності — заниженим (рис. 13).

Проте ці розбіжності можна вважати некритичними, оскільки відношення загальної біомаси до біомаси, яка забезпечує максимально стійкий рівень вилучення (B/B_{MSY}), у всіх випадках залишався на рівні більше 1. Розрахований для останніх трьох років індекс Монро (середнє відносне зміщення ретроспективних оцінок) становив $-0,07$ [23]. Про достовірність результатів моделювання свідчить те, що значення даного індексу, як і в розрахунках для інших довгоциклічних видів гідробіонтів, знаходяться в межах інтервалу $-0,15—0,20$ [20].

Обговорення результатів досліджень

Спостереження, які були проведені на промислових суднах і в морських науково-дослідних експедиціях, підтверджують, що зараз рапана живе на всій акваторії північно-західної частини Чорного моря, включаючи її найбільш опріснені ділянки. Причому останні можуть відрізнятись високою щільністю поселень цього молюска. Оскільки раніше, протягом більш ніж 50 років після вселення в Чорне море рапана уникала таких районів, можна припустити, що адаптації цих молюсків до життя у воді з низькою солоністю сприяла генетична мутація, яка різко прискорила спадкову модифікацію ферментів, відповідальних за осморегуляцію.

Переважаання рапани з найстарших вікових груп, яке було виявлене на глибинах більше 25 м, очевидно, пояснюється тим, що молюски по-

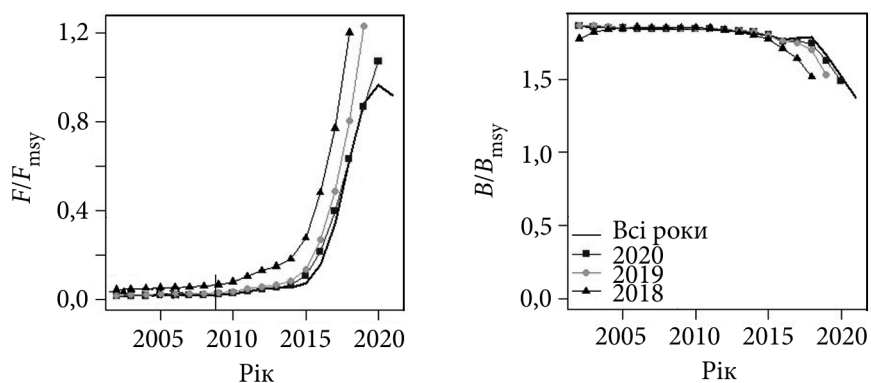


Рис. 13. Результати ретроспективного аналізу моделювання запасу рапани в українських водах в 2018—2021 рр.

трапляють на ці ділянки внаслідок міграцій з більш мілководних акваторій тих особин, які вже підросли. Осіданню личинок і розповсюдженню рапани молодших вікових груп на великих глибинах перешкоджає низька температура води під шаром термокліну, який формується в літній період у горизонті 15—20 м. Крім того, на великих глибинах відсутні або перебувають у недостатній кількості бентосні організми, які забезпечують живлення рапани на початкових стадіях її життєвого циклу. Суттєво вищі показники вагового росту рапани на глибинах менше 15 м вказують на кращу забезпеченість цього хижака кормом на мілководдях. Водночас слід зауважити, що в разі частих випадків придонної гіпоксії та заморів, ознаки яких були відмічені нами на глибинах 15—30 м, відбувається не тільки скорочення кількості кормових організмів, але й зниження трофічної активності цього хижого молюска. Через необхідність закопуватись у ґрунт для перечікування несприятливих умов рапана не живиться, а лише витрачає накопичені енергетичні ресурси для підтримання гомеостазу.

Порівняння отриманих нами результатів з даними про структуру популяції, опублікованими іншими дослідниками рапани в Чорному морі, у певних випадках виявило суттєві відмінності. Найчастіше з'являлись відомості про те, що структура популяції рапани істотно змінилася через 10—20 років після її вселення в Чорне море. У північно-східній і південній частинах моря на ділянках з вузьким і менш продуктивним шельфом зазвичай відбувалось зниження темпів росту рапани з виникненням карликових форм, відмічалися зміни у статевій та віковій структурі популяції, а також зниження щільності поселень цього молюска [2, 6—8]. Очевидно, у цих районах на популяційну структуру рапани серйозно вплинуло поступове зменшення кількості її корму, оскільки, не маючи природних хижаків, вона швидко розмножувалася в новому ареалі і знищувала практично всіх аборигенних молюсків-фільтраторів. Імовірно, однією з

причин скорочення кількості великорозмірних особин був інтенсивний промисел, який вже близько трьох десятиліть здійснювався в цих районах. Проте в північно-західній частині Чорного моря цього не відбувалося. Тут на широкому та продуктивному шельфі, куди надходить основний для басейну річковий стік, рапана, очевидно, має кращу забезпеченість їжею. Це і є причиною більшої стабільності популяції навіть у разі впливу несприятливих природних факторів і промислу.

Скорочення ресурсу рапани, яке спостерігали під час облікових зйомок на північно-західному шельфі моря, не може бути пояснене впливом промислу, оскільки промислове вилучення було в декілька разів менше різниці між оцінками загальної біомаси цих молюсків, отриманими під час послідовних експедицій (див. табл. 3, 4). Проте декілька спостережень вказують на те, що суттєві зміни запасу рапани можуть виникати під впливом абіотичних факторів середовища. Наприклад, виявленому під час тралової зйомки на початку літа 2021 р. різкому скороченню чисельності та біомаси рапани передував значний розвиток придонної гіпоксії в серпні — жовтні 2020 р. Крім того, в період цієї зйомки було встановлено, що в умовах затяжної холодної весни прогрів води відбувався повільним темпом і на початку літа середня температура в придонних горизонтах складала лише 9,6 °С. За таких умов значна частина молюсків ще залишалася в ґрунті у стані анабіозу. Придонна гіпоксія і наступна за нею затяжна зима, очевидно, сприяли підвищенню рівня природної смертності, що і призвело до скорочення запасу рапани в першій половині 2021 р. Обидва ці природні фактори могли вплинути на популяцію не тільки напряму, але й опосередковано, через скорочення чисельності кормових об'єктів — мідій та інших молюсків.

Стосовно мідії, яка нерідко формує основу кормової бази рапани, слід зробити висновок, що в сучасний період більша частка її молоді осідає на ґрунт під час весняного нересту та помирає вже наприкінці літа під час виникнення заморів, так і не досягнувши статевої зрілості. Невеликі розміри як живих мідій, так і їхніх порожніх стулок свідчать про те, що подібні заморні явища в тих або інших масштабах виникають щороку. Регулярний розвиток придонної гіпоксії не дозволяє автохтонним молюскам-фільтраторам відновити численні поселення, які були звичайними для північно-західної частини моря до середини минулого століття. Нормальне відновлення їхніх поселень в акваторіях зі сприятливішими за вмістом кисню умовами стало неможливим, оскільки молодь мідій та інших молюсків, яка осідає на дно, надалі знищується рапаною. Загальне зниження чисельності мідій призводить до порушення процесів седиментації та збільшення кількості органічної речовини у воді. Таким чином інвазивний хижак рапана додатково сприяє евтрофікації та появі влітку заморних явищ у північно-західній частині Чорного моря.

Слід зазначити, що на результати тралових робіт у першій половині літа нерідко чинив вплив масовий розвиток нитчастих водоростей, які в процесі тралення скупчувались на нижній підборі знаряддя лову і суттєво знижували його уловистість. Особливо висока кількість макрофітів реєс-

тривалась нами в районі Одеської банки. Причому масовий розвиток макрофітів та їхнє відмирання навесні та на початку літа в останні два десятиліття спостерігаються в північно-західній частині моря достатньо регулярно. Це явище стало систематично перешкоджати рибалкам застосовувати свої знаряддя лову на мілководному шельфі. Враховуючи цю обставину і те, що рапана може в разі збереження низької температури в придонному шарі залишатись закопаною у ґрунт у перші місяці після зими, слід планувати проведення наступних облікових зйомок з другої половини серпня по жовтень. Саме в ці місяці рапана найбільш активно переміщується по поверхні дна в пошуках об'єктів живлення.

Як результати виконаних морських експедиційних робіт, так і дані, отримані шляхом математичного моделювання системи запас — промисел, вказують на відсутність загрози скорочення популяції рапани від діяльності добувних підприємств. Причому слід враховувати, що оцінки біомаси рапани, отримані за допомогою BSM-аналізу, стосуються тих районів, у яких безпосередньо здійснюється промислове вилучення. За нашими спостереженнями, площа цих промислових акваторій далеко не відповідає площі всього українського шельфу, на якому живе рапана в північно-західній частині моря. Це пов'язано з тим, що основний промисел здійснюється драгами і бімтралами тільки на відносно невеликих за площею ділянках з рівним дном на глибинах 5—20 м. Водолази, на частку яких припадає до 30 % улову, також зазвичай працюють у прибережній зоні до глибини 12 м. Загалом, за нашими оцінками, придатна для промислу частина акваторії шельфу займає не більше 15—20 % від його загальної площі. У цій ситуації слід вважати, що міграції рапани з недоступних для рибалок акваторій на ділянки, придатні для лову, сприяють регулярному поповненню цього промислового ресурсу. Саме цією обставиною можна пояснити той факт, що розрахована за допомогою моделі загальна біомаса рапани навіть в умовах інтенсивного промислу перевищує оптимальний рівень (B_{MSY}). Очевидно, що внаслідок таких способів і темпів видобутку промисел не може призвести до надмірної експлуатації ресурсу рапани в українських водах. З огляду на це встановлення будь-якого ліміту на вилучення цього об'єкта є недоцільним.

Висновки

Найвищі показники біомаси та чисельності рапани — відповідно 10—30 г/м² і 0,15—0,60 екз/м² — спостерігаються на глибині 5—20 м. Глибше 25 м рапана або відсутня, або зустрічається в незначній кількості.

Віковий склад поселень рапани змінюється залежно від глибини моря. Молюски, які живуть у діапазоні глибин 5—25 м в своїй більшості представлені особинами віком 6—8 років. Глибше 25 м молодь рапани відсутня, і дані молюски зазвичай представлені в глибоководній зоні найбільшими особинами старших вікових груп.

Молюски, які живуть на глибинах менше 15 м, відрізняються підвищеними значеннями індивідуальної маси, що пояснюється більшою кількістю корму на мілководдях.

Незважаючи на інтенсифікацію промислу впродовж 2018—2021 рр., вікова структура популяції рапани у водах північно-західної частини моря не зазнавала змін. Розмірний склад та масові характеристики рапани також залишались стабільними протягом всього періоду спостережень. Це вказує на те, що в північно-західній частині моря цей хижий молюск має вельми добру забезпеченість об'єктами живлення і відрізняється більш стійким рівнем відтворення своєї популяції.

В районах проживання рапани на ділянках шельфу північно-західної частини Чорного моря, прилеглих до гирл крупних річок, в літній період, відмічається придонна гіпоксія, яка може призводити до заморних явищ. Через це в першу чергу гинуть молюски, які формують кормову базу рапани. Відбувається і загибель самої рапани. До інших факторів, які посилюють природну смертність рапани, слід віднести тривале збереження низьких температур у придонних шарах морської води.

Максимальна оцінка запасу рапани на шельфі північно-західної частини Чорного моря, отримана методом прямого обліку, склала 72,7 тис. т. Найсприятливішим періодом для проведення облікових тралових зйомок є вересень-жовтень, коли рапана активно живиться і постійно знаходиться на поверхні морського дна.

Оцінка запасу цього молюска, отримана шляхом математичного моделювання (BSM-аналіз), знаходиться в діапазоні значень, отриманих методом прямого обліку. На ділянках, де ведеться промисел цього молюска, запас, розрахований математичною моделлю, у 2021 р. склав 35,7 тис. т.

Інтенсифікація промислу рапани українськими рибодобувними підприємствами в останні роки не призвела до надмірної експлуатації цього ресурсу. Загроза перелову рапани та скорочення її популяції в українських водах відсутня.

Масове розповсюдження рапани в північно-західній частині Чорного моря водночас з іншими негативними факторами антропогенного походження сприяє деградації бентосних угруповань та евтрофікації, що в підсумку негативно впливає на загальну ситуацію в морській екосистемі.

Список використаної літератури

1. Берлинский Н.А., Гаркавая Г.П., Богатова Ю.И. Проблемы антропогенного эвтрофирования и развития гипоксии в северо-западной части Черного моря. *Экология моря*. 2003. Вып. 63. С. 17—22.
2. Бондарев И.П. Морфогенез раковины и внутривидовая дифференциация рапаны *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846). *Ruthenica*. 2010. Вып. 20, № 2. С. 69—90.
3. Брянецев В.А., Фащук Д.Я. Причины черноморских заморов. Пятая Всесоюз. конф. «Вопросы промысловой океанологии Мирового океана». Калининград, 1979. С. 23—26.
4. 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. іхтіологічної наук.-практ. конф. (м. Дніпро, 26—28 вер. 2019 р.). Дніпро, 2019. С. 70—75.
5. Драпкина Е.И. Новый моллюск в Черном море. *Природа*. 1953. № 9. С. 92—95.

6. Евченко О.В. Биологические характеристики и запас рапаны *Rapana venosa* (Gastropoda : Murexidae) в северо-восточной части Черного моря. *Тр. Южн. науч.-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва и океаногр.* 2010. № 48. С. 24—28.
7. 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. *Вопросы рыболовства.* 2010. Вып. 11, № 3. С. 442—452.
8. Ковтун О.А., Топтиков В.А., Тоцкий В.Н. Сравнительная морфологическая характеристика *Rapana venosa* (Gastropoda : Muricidae, Rapalinae) из разных акваторий северной части Черного моря. *Вісн. Одеськ. нац. ун-ту. Біологія.* 2014. Т. 19, № 1. С. 68—80.
9. 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.
10. Фащук Д.Я., Самышев Э.З., Себах Л.К., Шляхов В.А. Формы антропогенного воздействия на экосистему Черного моря и ее состояние в современных условиях. *Экология моря.* 1991. Вып. 38. С. 19—28.
11. Чухчин В.Д. Рост рапаны (*Rapana bezoar* L.) в Севастопольской бухте. *Тр. Севастоп. биол. станции.* 1961. № 14. С. 169—177.
12. Чухчин В.Д. Функциональная морфология рапаны. Киев : Наук. думка, 1970. 139 с.
13. 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 it.* 1998. N 35. P. 191—200.
14. Alexandrov B.G. Biotic balance of the ecosystem of the coastal zone of the Black Sea in conditions of intensive antropogenic influence. *Ecological Problems and Economical Prospects : Black Sea Symposium (16—18 Sept., 1991).* Istanbul : Acar Matbaacilic A.S., 1994. P. 77—84.
15. Berov D., Klajn S., Karamfilov V. *Rapana venosa* rapa whelk responsible for rapid destruction of Black Sea coastal *Mytilus galloprovincialis* littoral reef communities — results from a preliminary study in SW Black Sea (Sozopol Bay, Bulgaria). *Proceed. 1st Intern. conf. on environmental protection and disaster risks.* 2020. P. 586—601.
16. Bondarev I.P. Dynamics of *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) (Gastropoda : Muricidae) population in the Black Sea. *Intern. J. Marine Sci.* 2014. Vol. 4, N 3. P. 42—56.
17. FAO. Beam trawl surveys for Black Sea rapa whelk guidelines and methodologies. URL:https://gfcmsitestorage.blob.core.windows.net/website/2.BlackSea4Fish/Rapana_Survey_Protocol_May%202021.pdf172 pp.
18. Froese R., Demiril N., Coro G. et al. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries.* 2017. Vol. 18, Iss. 3. P. 506—526.
19. Hulak B.S., Leonchuk Y.Y., Chashchyn O.K. The main biological parameters of rapa whelk *Rapana venosa* population in the north-western section of the Black Sea. *Hydrobiol. J.* 2022. Vol. 58, N 3. P. 29—45.
20. Hurtado-Ferro F., Szuwalski C.S., Valero J.L. et al. Looking in the rear-view mirror: bias and retrospective patterns in integrated, age-structured stock assessment models. *ICES J. Marine Science.* 2025. Vol. 72. P. 99—110.
21. Кайказ М. Накан ет ал. Samsun (Karadeniz) кэуэлэгэнда күүләнән сьгьклеме ав аразларәнән үрәсал цзеликleri. *Ege J. Fish. Aquat. Sci.* 2014. Vol. 31, N 2. P. 87—96.
22. Martiradonna A. Modelli di Dinamica Delle Popolazioni Ittiche: Stima dei Fattori di Incremento e Decremento Dello Stock. Tesi di Laurea Magistrale, Dipartimento di Matematica, Universita di Bari. 2012.
23. Mohn R. The retrospective problem in sequential population analysis / Investigation using cod fishery and simulated data. *ICES J. Marine Science.* 1999. Vol. 56. P. 473—488.
24. Ricker W.E. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Res. Board of Canada* 191. Ottawa, 1975. 382 p.

25. Schaefer M.B. A study of the dynamics of the fishery for yellowfintuna in the eastern tropical Pacific Ocean. *Inter-Amer. Trop. Tuna Commission Bull.* 1957. Vol. 2, Iss. 6. P. 243—285.
26. Snigirov S.M., Medinets V.I., Chichkin V.M., Sylantyev S. Rapa whelk controls demersal community structure off Zmiinyi Island, Black Sea. *Aquat. Invasions.* 2013. Vol. 8. N 3. P. 289—297.
27. STECF. Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) — Stock assessments in the Black Sea (STECF-17-14). 2017. 498 p.
28. Zolotarev V. The Black Sea ecosystem changes related to the introduction of new mollusc species. *PSZNI: Marine Ecology.* 1996. Vol. 17. P. 227—236.

Надійшла 14.07.2023

B.S. Hulak, PhD student,
Odessa I.I. Mechnikov National University,
Dvoryanska st., 2, Odesa, 65082, Ukraine,
gulak.bogdan94@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5991-3715

Ye.Yu. Leonchik, PhD, Associate Prof.,
Odessa I.I. Mechnikov National University,
Dvoryanska st., 2, Odesa, 65082, Ukraine,
leonchik@ukr.net
ORCID: 0000-0003-1494-0741

S.M. Snigiriev, PhD, Senior Researcher,
Odessa I.I. Mechnikov National University,
Dvoryanska st., 2, Odesa, 65082, Ukraine,
snigirev@te.net.ua
ORCID: 0000-0003-3287-2519

O.K. Chashchyn, PhD, Leading Researcher,
BlackSea4Fish project expert
alchashchin@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4780-4044>

STATE OF THE COMMERCIAL STOCK OF THE RAPA WHELK *RAPANA VENOSA*
(VALENCIENNES, 1846) IN THE COASTAL AREAS OF THE NORTHWESTERN
PART OF THE BLACK SEA

Data on the age and size-mass composition of the most important fishing object — rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846) and spatial distribution of its population based on the analysis of samples from 857 beam trawl catches and 7 diving collections were obtained in the northwestern part of the Black Sea in the period from 2018 to 2021. A total of 13 723 individuals were analyzed. It was found that the largest biomass of this mollusk is concentrated at depths of up to 25 m. The rapa whelk abundance decreased sharply at the depth below 25 m due to the insufficient number of food organisms and low water temperature. Beam trawl surveys carried out in 2020—2021 showed that hypoxia zones was common in the bottom horizons on significant areas of the shelf water area in summer time. Black sludge with a sharp smell of hydrogen sulfide often presented in the catches. The large-scale death of filtering mollusks and rapa whelk was registered as the consequence of these phenomena in the shelf zone. Rapa whelk was represented by individuals of twelve age groups from 2+ to 13+ at the depths of 5—25 m and the main part was made up of individuals aged 6—8 years. Although most mollusks were 7—9 years old at the depth deeper than 25 m. Rapa whelk enters the deep-water zone due to migration from shallower areas where it reproduces. The stock of rapa whelk in Ukrainian waters, estimated by the method of direct trawl accounting, fluctuated during the period of work in the range of 28.5—72.7 thousand tons. At the same time stock assessment carried out using the BSM model allowed us to obtain a result of about 35.7 thousand tons. Intensification of the mollusk fishing

in recent years has not led to excessive exploitation of this stock. The size and age structure of the population does not undergo significant changes. It was found that the areas accessible to fishermen account for no more than 15—20 % of the area of the entire shelf inhabited by rapa whelk. Its resource demonstrates a high ability for sustainable reproduction due to good feeding conditions and constant migration of mollusks from areas where there is no fishing.

Key words: *rapa whelk, stock, biomass, exploitation, trawl survey, age structure.*