

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ
МЕДИЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра екології

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри _____ Григор'єва Л.І

**МОЛЮСКИ *PONTOCASPIAN* ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ
ЯК БІОІНДИКАТОРИ СТАНУ МОРСЬКОЇ ЕКОСИСТЕМИ**

ДИПЛОМНА РОБОТА МАГІСТРА

за освітньо-професійною програмою «Екологія та охорона навколишнього
середовища» спеціальності 101 «Екологія»

Виконав: студентка VI курсу, групи 621

спеціальності 101 «Екологія»

Турчинська Ганна Сергіївна

Керівник:

Зав. кафедри екології, д-р біол. наук, професор

Григор'єва Людмила Іванівна

Рецензент:

Професор кафедри екології, д-р пед. наук,

професор

Мітрясова Олена Петрівна

МИКОЛАЇВ – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Медичний інститут

вітньо-кваліфікаційний рівень – МАГІСТР

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність: 101 «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри екології

_____Л.І.Григор'єва

3 р.

ЗАВДАННЯ

НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Студента Турчинської Ганни Сергіївни_____

1. Тема роботи: Молюски *Pontocaspian* Чорноморського шельфу як біоіндикатори стану морської екосистеми затверджена наказом ЧНУ імені Петра Могили від «09» лютого 2023 р. № __

2. Об'єкт дослідження: молюски *Pontocaspian* Чорноморського шельфу.

3. Предмет дослідження: кількісний й видовий склад молюсків *Pontocaspian* морської екосистеми під впливом змін кислотно-лужного середовища морської води.

4. Завдання дослідження:

- провести літературний аналіз видового різноманіття біоти у районі Чорноморського шельфу та можливостей використання молюсків як біоіндикаторів морської екосистеми;
- проаналізувати причини та ознаки закислення води Чорного моря;
- навести характеристику молюсків *Pontocaspian*, як одного з індикаторів зміни біорізноманіття екосистеми Чорного моря;
- визначити і проаналізувати фактори впливу на рівень рН морської води у районі Чорноморського шельфу;

- проаналізувати різноманіття молюсків *Pontocaspian* в районі Чорноморського шельфу та зміни у динаміці;
- проаналізувати дані змін антиоксидантних властивостей (АТ ферментного комплексу) тканин молюсків-фільтраторів;
- надати рекомендації щодо використання молюсків *Pontocaspian* як біоіндикаторів стану морської екосистеми.

5.Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видано (підпис, дата)	Завдання виконано (підпис, дата)
4	Проф. Григор'єва Л.І.	25.09.2022	05.02.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (МР)	Строк виконання етапів роботи
1	Затвердження теми роботи на засіданні кафедри	
2	Погодження керівником змісту МР	
3	Пошук, добір та опрацювання літературних джерел з проблематики дослідження	
4	Робота над підготовкою тексту МР	
4.1	Розділ 1	
4.2	Розділ 2	
4.3	Розділ 3	
4.4	Розділ 4	
5	Висновки	
6	Подання МР на кафедру	
7	Захист МР на кафедрі (попередній захист)	
8	Захист МР перед Екзаменаційною комісією	

Студент _____ Турчинська Г.С.

Науковий керівник _____ Григор'єва Л.І.

Зміст

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ МОРСЬКОЇ ЕКОСИСТЕМИ У РАЙОНІ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ	10
1.1 Видове різноманіття біоти Чорного моря	10
1.2 Класифікація причин та ознаки закислення вод Чорного моря	14
1.3. Молюски, як біондикатори водних екосистем	23
Висновки до першого розділу	26
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. МОЛЮСКИ <i>PONTOCASPIAN</i> ЯК ІНДИКАТОР ЗМІНИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЕКОСИСТЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ	28
2.1 Загальна характеристика молюсків <i>Pontocaspien</i> як одного з індикаторів зміни біорізноманіття екосистеми Чорного моря	28
2.2. Матеріали і методи дослідження	47
Висновки до другого розділу	51
РОЗДІЛ 3. МОЛЮСКИ <i>PONTOCASPIAN</i> У РАЙОНІ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ ПІД ВПЛИВОМ ЗМІНИ КИСЛОТНОСТІ МОРСЬКОЇ ВОДИ	53
3.1. Динаміка рівня рН поверхневих вод Чорного моря за даними турецьких дослідників	53
3.2. Динаміка рівня рН поверхневих вод Чорного моря за даними українських дослідників	55
3.3. Видовий склад двостулкових молюсків <i>Pontocaspien</i> в НПП «Меотида»	59
3.4. Зміни видового складу двостулкових молюсків	63
3.5. Оцінка антиоксидантних здібностей молюсків <i>Pontocaspien</i> за умов закислення морської води	65
3.6. Шляхи та заходи щодо мінімізації забруднення Чорного моря	69
Висновки до третього розділу	74
РОЗДІЛ 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.	76
4.1. Убезпечення праці лаборанта у хімічній лабораторії	76
Висновки до четвертого розділу.	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ВСТУП

Актуальність. Чорне море є унікальним морем, яке особливо вирізняється найбільшими обсягами безкисневих вод у світі і пов'язаними із ними особливостями екосистеми. Чорне море є внутрішньою водоймою, що майже повністю ізольована від Світового океану. Це море належить до басейну Середземного моря й сполучається із ним через Мармурове море й протоку Босфор та протоку Дарданелли.

Незадовільний екологічний стан Чорного моря спричинений, насамперед, наявністю величезного обсягу забруднюючих речовин, який значно перевищує поглинальну можливість морських екосистем, що призводить до стрімкої евтрофікації, забруднення морської води, втрати біологічних видів, зниження рибних ресурсів, погіршення рекреаційних ресурсів й загрози для здоров'я людей.

У Чорному морі живуть понад 5000 різних видів біологічних організмів – представників морської флори і фауни. Попри відсутність детальної інформації про ймовірний вплив закислення, багато компонентів біоти Чорного моря можуть бути вразливими до підвищення рівня рН, що може призвести до екологічних, економічних і соціальних проблем в даному регіоні. В вільному доступі перебуває дуже незначний обсяг опублікованої інформації про наслідки зміни клімату, насамперед, глобального потепління, для морських організмів Чорного моря. База знань про рівні та вплив закислення океану у Чорному морі є ще біднішою порівняно із базою загальних досліджень наслідків глобального потепління.

Результати досліджень, проведених відносно окремих груп морських організмів Чорного моря, демонструють потенційний ризик для компонентів його екосистеми, спричинений закисленням океану [19]. Багато видів, які мешкають в даному напівзамкненому морі, також трапляються в регіонах високих широт. Основними загрозами для водних моллюсків загалом у басейні Чорного моря зокрема є втрата та деградація середовищ існування,

забруднення та інтродукція інвазивних чужорідних видів. Протягом багатьох років річка Дунай була забруднена міськими, промисловими та сільськогосподарськими відходами та зазнавала зростаючої економічної діяльності, такої як рух суден.

Відсутність детальних знань про стан і тенденції розвитку окремих видів, популяцій і спільнот перешкоджає проведенню ретельної оцінки ризиків і перешкоджає ефективному збереженню біологічного різноманіття екосистеми Чорного моря. Як відомо, для прісноводної екосистеми відомим біоіндикатором її стану виступають двустворчаті молюски *Dreissena*.

Двустворчаті молюски *Pontocaspian* – представники морської або змішаної прісноводно-морської екосистеми – заселяючи гідротропи антропогенного походження, відіграють важливе місце у кругообігу речовин і енергії в цій екосистемі, в формуванні харчового раціону бентосних риб і водоплавних птахів, в процесах самоочищення водойм. Через те, що в прибережних екосистемах узбережжя Чорного моря найбільш доступними і досить ефективними біоіндикаторними організмами вважаються саме двостулкові молюски, то в дипломній роботі досліджували антропогенні зміни у середовищі існування двустворчатих молюсків *Pontocaspian*.

Мета роботи: дослідити кількісний й видовий склад молюсків *Pontocaspian* під впливом змін кислотно-лужного середовища морської води.

Завдання, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети:

- провести літературний аналіз видового різноманіття біоти у районі Чорноморського шельфу та можливостей використання молюсків як біоіндикаторів морської екосистеми;
- проаналізувати причини та ознаки закислення води Чорного моря;
- навести характеристику молюсків *Pontocaspian*, як одного з індикаторів зміни біорізноманіття екосистеми Чорного моря;
- визначити і проаналізувати фактори впливу на рівень рН морської води у районі Чорноморського шельфу;

- проаналізувати різноманіття молюсків *Pontocaspian* в районі Чорноморського шельфу та зміни у динаміці;
- проаналізувати дані змін антиоксидантних властивостей (АТ ферментного комплексу) тканин молюсків-фільтраторів;
- надати рекомендації щодо використання молюсків *Pontocaspian* як біоіндикаторів стану морської екосистеми.

Об'єктом дослідження є молюски *Pontocaspian* Чорноморського шельфу.

Предметом дослідження є кількісний й видовий склад молюсків *Pontocaspian* морської екосистеми під впливом змін кислотного-лужного середовища морської води.

Матеріали дослідження. Матеріали наукових досліджень та історична інформація й матеріали, що ґрунтуються на вимірюваннях рівня кислотності води Чорного моря із 1924 р. Використано матеріали українськими й турецькими дослідниками (Аністратенко В., Захарова М., Безвушко А., Борейко В., Mehmet Aydin, Uğur Karadurmuş, Mustafa Bgçer). Використано матеріали досліджень НПП «Меотида», які було проведено на березі затоки Білосарайської коси (акваторія НПП «Меотида»).

Наукова новизна полягає в поглибленні та деталізації інформації щодо зміни популяції двустворчатих молюсків *Pontocaspian* через закислення води.

Практична значущість полягає у підтвердженні можливості використання двустворчатих молюсків *Pontocaspian* для біоіндикації стану екосистеми.

Методи дослідження:

Теоретичні методи: аналіз і синтез, узагальнення та порівняння для вивчення наукової літератури, пов'язаною з метою дослідження. Методи математичної статистики, статистичної обробки даних. Метод оцінювання даних щодо кількісних змін біоти Чорноморського шельфу. Застосовано метод опису для фіксації суттєвих ознак об'єкта дослідження або результатів спостереження, експерименту. А також аналіз, який полягає в розкладанні

об'єкта дослідження на складові частини для його детального і всебічного вивчення.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається зі вступу, 4-х розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання. Загальний обсяг магістерської роботи – 93 сторінки. Робота ілюстрована 7 таблицями та 16 рисунками. Бібліографія охоплює 67 джерело вітчизняної та іноземної літератури.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА БІОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ МОРСЬКОЇ ЕКОСИСТЕМИ У РАЙОНІ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ

1.1 Видове різноманіття біоти Чорного моря

Чорне море є внутрішньою водоймою, що майже повністю ізольована від світового океану. Це море належить до басейну Середземного моря й сполучається із ним через Мармурове море й протоку Босфор та протоку Дарданелли.

Керченська протока поєднує його із Азовським морем. Чорне море розміщене між Європою і Азією, а на узбережжі Чорного моря знаходяться 6 держав — Болгарія, Україна, Грузія, Румунія, Туреччина та ін. Площа поверхні цього моря складає 461 тисяч кілометрів квадратних. Глибина Чорного моря у деяких місцях є значною, сягаючи 2,212 кілометрів. Солоність моря в середньому складає вісімнадцять відсотків, це близько в 2 рази нижче, ніж у ін. морях і океанах, що пов'язано із великим обсягом річок, що впадають в Чорне море, й його ускладненим водообміном з Світовим океаном.

В Чорне море впадають ріки, що протікають через 1/3 частку території Європи, уключаючи великі річки Європи, як-от Дунай, Дніпро й Дністер. Водозбірний басейн моря охоплює сімнадцять держав з великим обсягом населення сто шістдесят мільйонів людей, із них вісімдесят один мільйон проживають в басейні річки Дунай.

Північно-західна частина Чорного моря (ПЗЧМ) – гіпертрофна акваторія, в яку впадають чотири великі річки – Дунай, Дніпро, Дністер та Південний Буг. Дунай - найбільш повноводна річка Чорноморського басейну, на нього припадає близько 80% річкового стоку в ПЗЧМ і близько 36% природного припливу прісних вод Чорного моря [60]. Дунай (на відміну трьох інших великих річок, зазначених вище) впадає у море, а чи не в лимани, які значно скорочують надходження біогенних речовин із річковими водами на Чорноморський шельф [56, 61].

Всього на узбережжі Чорного моря проживають приблизно сімнадцять з половиною мільйонів осіб. Найбільша особливість Чорного моря полягає у тому, що розчинний кисень (й багате морське життя) існує тільки у верхніх шарах води. На глибині більше ніж сто метрів немає кисню, а морська вода має від одинадцяти до чотирнадцяти мілілітрів на літр високотоксичного сірководню, що створює насичену «мертву» зону, в якій трапляються лише пристосовані до таких умов бактерії.

На глибині від ста до двісті метрів майже відсутнє змішування верхніх й нижніх шарів води. Спостерігається значна різниця в ступенях солоності між поверхневим й придонним шарами води, це складає 17,5-19 відсотків й 22 відсотки відповідно. Дана різниця це незмінна особливість Чорного моря. Чорне море можна охарактеризувати багатим біорізноманіттям. Наприкінці двадцятого століття Чорне море зазнало значної екологічної деградації.

В будові дна Чорного моря поряд з косою Джарилгач виділяються: материковий схил, шельф й глибоководна улоговина. Шельф, або материкова обмілина, представляє собою безпосереднє продовження суші, яка опинилася під водами моря, й займає велику площу у його північно-західній частині. На цій території ширина шельфу складає більше двохсот кілометрів, глибина складає від нуля до ста метрів, іноді сягає й ста шістдесяти метрів.

У ін. частинах моря глибина його становить менше ста метрів, ширина від двох до п'ятнадцяти кілометрів. Біля Анатолійського та Кавказького берегів шельф представлений вузькою переривчастою смугою. Північно-західному шельфовій зоні характерний слабкий нахил й плоскісно-рівнинний абразивно-аккумулятивний рельєф.

Дуже ускладнюють рівнинний і плавний рельєф шельфу підводні каньйони та долини. В багатьох випадках вони звивисті, із добре вираженими схилами, особливо на периферії шельфу, частіше у місцях переходу до материкового схилу. У основному, це підводне продовження річкових долин прилеглої суші. На північно-західному шельфі можна простежити долини р. Дунай, р. Дністер, р. Дніпро й р. Південний Буг.

Шельф переходить в материковий схил дуже великої крутості. Середні його ухили становить п'ять-вісім градусів в північно-західній частині, а у Керченській протоці — від одного до трьох градусів. Крутість окремих ділянок сягає двадцяти- тридцяти градусів. Материковий схил також значно розчленований підводними каньйонами та долинами.

Центральну частину Чорноморської западини займає глибоководна улоговина, яка має глибину дві тисячі – дві тисячі двісті метрів. Її максимальна глибина сягає дві тисячі двісті п'ятдесят вісім метрів. Дно улоговини є плоскою акумулятивною рівниною. Створення западини Чорного моря пов'язують як з процесами “океанізації” материкової земної кори, так й із реліктовою природою западини як залишкового басейну древнього океану Тетис.

Серед мешканців моря слід відзначити трав'яну і кам'яну креветки й 20 видів крабів. Досить часто можна побачити дельфінів білобоких, що наведений на рис.1.1, чорноморську афаліну та морську свиню, що наведена на рис.1.2. Справжньою цінністю тутешніх територій є осетрові риби, а саме севрюга і стерлядь. А біля прісних водойм можна зустріти болотну черепаху.



Рисунок 1.1-Дельфін білобокий



Рисунок 1.2-Чорноморська морська свиня

Незадовільний екологічний стан Чорного моря спричинений, насамперед, наявністю величезного обсягу забруднювальних речовин, це значно перевищує поглинальну можливість морських екосистем, що призвело до стрімкої евтрофікації, забруднення морської води, втрати біологічних видів, зниження рибних ресурсів, погіршення рекреаційних ресурсів й загрози для здоров'я людей.

Головні джерела забруднення Чорного моря є річками, стічними водами із прибережних точкових й дифузних джерел забруднення, а також морські судна. Життєдіяльність людини вплинула на зниження обсягу живих організмів й нерестовищ, а також на ареал розмноження та існування риб і ін. водних організмів. Несталий промисел риби та морепродуктів, ігнорування використання належних заходів для забезпечення їх. розмноження знизили біологічну продуктивність моря, спричинивши збіднення видового різноманіття.

Ситуація ускладнюється проникненням в морські екосистеми чужорідних (інвазійних) організмів, що пригнічують розвиток й відтворення

рослинного та тваринного світу Чорного моря. За підрахунками, на 6 чорноморських держав припадає приблизно сімдесят відсотків від загального обсягу забруднювальних речовин, які потрапляють до Чорного моря як відходи життєдіяльності людини. Чорне море це одне з найвразливіших регіональних морів в світі через обмежений водообмін з відкритим океаном та велику територію континентальної Європи, де знаходиться його водозбірний басейн.

До найбільших пріоритетних проблем Чорного моря відносять:

1. евтрофікацію (надмірне надходження поживних речовин);
2. хімічне забруднення (насамперед, нафтою);
3. зменшення морського біорізноманіття, насамперед через проникнення чужорідних видів.

До того ж, формують додаткові проблеми через негативний вплив промисловості, сільське господарство, забруднення від морського транспорту (розливи нафти та баластні води), побутових стічних вод та деградація прибережних територій унаслідок урбанізації. У цей же час в Чорному морі наявні також ознаки зміни клімату. Зміна клімату проявляється в збільшенні температури поверхневих вод, починаючи із останнього десятиліття двадцятого століття, зниженні солоності поверхневого шару води, змінах вертикальної термогалінної структури, збільшенні рівня моря та зростання обсягу екстремальних погодних явищ.

Метеорологічні прогнози передбачають до 2090 р. збільшення температури поверхні моря (на від 1,5 до 2,6 °C), збільшення рівня моря у середньому на 0,4-0,6 метрів й зменшення опадів (на 30-45 відсотків). Є ймовірність посилення й почастішання посух та періодів аномально високих температур, підвищення водності річок в зимовий період й зниження в літній, а також збільшення інтенсивності опадів.

1.2 Класифікація причин та ознаки закислення вод Чорного моря

Важлива особливість хімічного складу води у Чорному морі – це поширена аноксія, оскільки приблизно 87 відсотків вод є безкисневими й мають високий вміст сірководню. Через низьку солоність й високу загальну лужність річкових вод, які надходять до Чорного моря, загальна лужність морської води у поверхневих водах (приблизно 3500 мк моль кг⁻¹) перевищує типові значення для океанів. На відміну від Середземного моря, коефіцієнти насичення як кальцитом (Ω_{Cal}), так й арагонітом (Ω_{Arg}), свідчать про недостатню насиченість на глибині [32].

В доповнення до складного карбонатного складу, інтенсивна евтрофікація екосистеми Чорного моря, спричинена антропогенними порушеннями як в водах цього моря, так й в водозбірних басейнах його головних живильних річок, може значно вплинути на закислення прибережних поверхневих вод. Спроба оцінити темпи закислення верхнього шару води у морі у двадцятому столітті з використанням історичної інформації й матеріалів, що ґрунтуються винятково на вимірюваннях рівня кислотності із 1924 р., продемонструвала, що в масштабі століття інформацію відносно статистично значущого закислення отримати неможливо.

В цей же час пониження рівня кислотності в масштабі десятиліть справді спостерігалось в 1960 роках і 1980-2000 роках. Темпи закислення поверхневого шару (на глибині до десяти метрів) в дані періоди сягали 0,4 (0,2) одиниць кислотності. Вчені і дослідники відмічають, що цей високий рівень закислення верхнього шару води в Чорному морі може бути спричинений не лише із збільшенням концентрації двоокису вуглецю у атмосфері, але і з природними процесами в підповерхневому шарі Чорного моря, який володіє низькими значеннями кислотності.

Дослідження довгострокових спостережень надало можливість ученим оцінити зміни карбонатної системи північної частини Чорного моря у період з 1932 по 1993 роки. Насамперед, учені встановили зміни в значеннях рівня

кислотності, $p\text{CO}_2$ й співвідношеннях компонентів карбонатної системи. В акваторії Чорного моря процес потрапляння двоокису вуглецю із повітря в воду переважав протягом всього періоду аналізу, оскільки рівноважний парціальний тиск вуглекислого газу залишався нижчим за атмосферний парціальний тиск двоокису вуглецю. Співвідношення компонентів карбонатної системи, визначені у період з 1960 по 1990 рік, встановили сприятливі умови для поглинання двоокису вуглецю із атмосфери водами Чорного моря, що є характерним для відкритих частин морів середніх широт.

Однак підвищення TCO_2 й рівноважного парціального тиску $p\text{CO}_2$, а також пониження значень кислотності й, що особливо важливо, стрімкі зміни даних параметрів, що спостерігалися у період з 1960 по 1990 рік, можна трактувати як надзвичайно негативні тенденції у частці перетворення карбонатної системи вод Чорного моря. Незаперечним результатом довготривалих змін в карбонатній системі можуть слугувати велике зниження здатності Чорного моря поглинати двоокис вуглецю із атмосфери.

Підвищення його рівноважного парціального тиску в поверхневому шарі, що спостерігалось у період з 1960 по 1990 рік, призвело майже до двократного пониження здатності Чорного моря поглинати двоокис вуглецю із атмосфери. Ще однією у край негативною тенденцією є пониження значень рН. Найбільш значне пониження значень рН зафіксовано в верхній частині субоксичного шару (в середньому воно становило 0.15), що спричинило щонайменше двократне зниження концентрації карбонат-іонів й велике пониження рівня насиченості вод карбонатом кальцію.

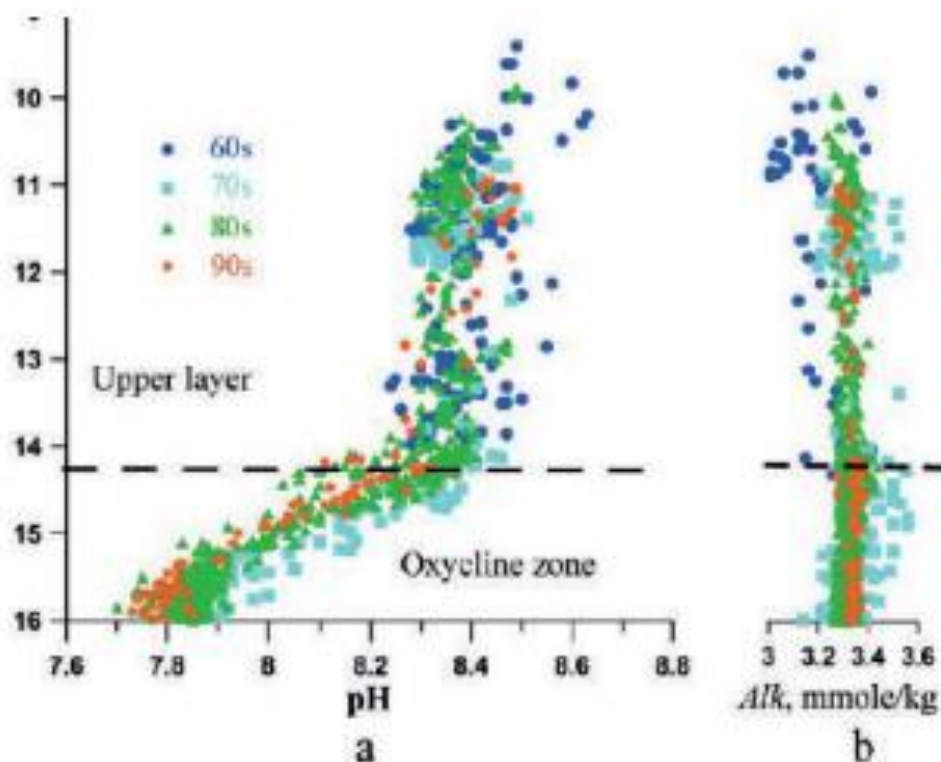


Рисунок 1.3-Довгострокові зміни значень рН і загальної лужності

Результати довгострокових досліджень поблизу берегів Кримського півострова висвітлюють, що у період з 1998 по 2005 рік парціальний тиск вуглекислого газу у водах підвищувався не тільки в поверхневих, але і у придонних шарах. Зауважено, що морські води поглинали двоокис вуглецю із повітря в усі пори року, це пояснюється великими об'ємами надходження у бухту органічних речовин антропогенного походження.

В літній період помітно підвищується концентрація розчиненого двоокису вуглецю у придонному шарі води, що пояснюється тим, що потоки й темпи окислення органічної речовини досягають власних максимальних значень, а інтенсивність водообміну у літній період є мінімально можливою. Попри це парціальний тиск вуглекислого газу в поверхневому шарі води є нижчим за атмосферний рівень. Результати нових досліджень висвітлюють те, що поверхневі води продовжують поглинати двоокис вуглецю із повітря, проте дана здатність знизилася на 20 відсотків з 2001 по 2015 рік.

Рівні розчиненого неорганічного вуглецю (DIC) й $p\text{CO}_2$ збільшилися у період із 1998 по 2015 рік. Учені відмічають [34] велике підвищення концентрації $p\text{CO}_2$ в придонних й поверхневих шарах з паралельним пониженням показників рН (закислення), що вказує на антропогене навантаження. Важливо також, що сезонні коливання це більш вираженими порівняно із міжрічними тенденціями й свідчать про появу екстремальних явищ, які обумовлюють появу мінімальних зон O_2 , що спричиняють негативні наслідки для екосистеми, що, однак, все ще є відворотними для екосистеми, за рахунок карбонатної буферної системи.

Проте, за прогнозами учених, здатність моря поглинати вуглекислий газ із повітря та утримувати органічний вуглець у осадах буде вичерпано на протязі найближчих декількох років, тож екосистема може зазнати невідворотних катастрофічних змін. Ці спостережень також показують, що у прибережній зоні Чорного моря закислення може варіювати за сезонами. Таким чином, для румунського узбережжя показано, що на протязі року значення кислотності води коливаються у межах 7.37-8.58 під впливом фізико-хімічних явищ й більш інтенсивних біологічних процесів в прибережній зоні.

Також існують 2 виражених сезони:

1. холодний період року (із листопада по березень), коли значення кислотності є нижчими;
2. теплий період року (із квітня по жовтень), коли значення кислотності сягають максимальних значень.

Окрім спостережень, учені також проводять моделювання. Насамперед, моделювання для західної частини Чорного моря, проводилося турецькими ученими, ставило за мету проаналізувати систему обміну вуглекислого газу та оцінити здатність моря поглинати вуглець. Результати розрахунків обміну вуглекислого газу між атмосферою та морем вказують на те, що на початку літнього періоду 2001 р. Чорне море діяло як поглинач атмосферного вуглекислого газу, а на початку весняного періоду 2003 р. Чорне море діяло не тільки як поглинач, а і як джерело атмосферного вуглекислого газу.

Ще одне моделювання мало на меті визначити зв'язок між евтрофікацією і закисненням в Чорному морі. Результати моделювання [14] демонструють, що поверхневий двадцятиметровий шар характеризується майже нульовим середньорічним поверхневим потоком CO_2 в морі, незважаючи на сильну сезонність властивостей карбонатної системи, зумовлену змінами температури, змішуванням та біологічними процесами.

Середня концентрація pCO_2 в даному шарі перевищує концентрацію pCO_2 у атмосфері протягом більшої частини року під впливом його внутрішніх ресурсів. Таким чином, Чорне море зазнає негативного впливу природних і антропогенних чинників, обумовлених зростанням кількості населення в прибережних районах, експлуатацією морських ресурсів, індустріалізацією й зміною клімату, що суттєво ускладнює проведення кількісної оцінки впливу закиснення океану.

Матеріали про закиснення й, насамперед, його вплив на біорізноманіття в Чорному морі є неповними. Проте, нечисельні існуючі дослідження свідчать про те, що внаслідок антропогенного впливу карбонатна система Чорного моря зазнає змін, а ознаки закиснення океану проявляються й у Чорному морі [64].

Кокколітофориди, одноклітинні планктонні організми, є однією із найпоширеніших груп вапнякових організмів не тільки в усьому світі, а і у екосистемах Чорного моря. Вони забезпечують значну частку глобального формування карбонатів у океані, а тому відіграють важливу роль навіть в функціонуванні карбонатної системи океану. *Emiliana huxleyi* є домінантним видом кокколітофоридів в Чорному морі. Зв'язки між зміною в кальцифікації цих організмів і обміном вуглецю у Чорному морі не зовсім досліджені, проте більшість досліджень даних організмів продемонстрували зниження темпів кальцифікації за низьких значень рН.

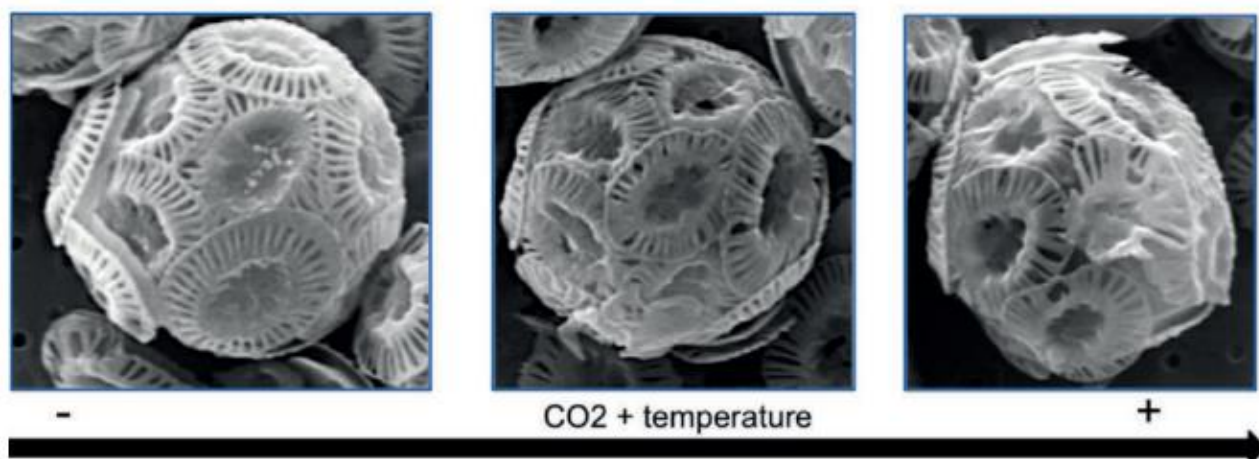


Рис. 1.7. CO₂ та вплив температури

В Чорному морі живуть більше ста видів форамініфер. Вони також є важливою складовою зоопланктону і донних екосистем багатьох прибережних і глибоководних районів. В декількох дослідженнях, проведених у інших регіонах, було визначено зміни у вазі панцирів форамініфер унаслідок змін хімічного складу карбонату у поверхневих водах. Дані вказують на ймовірне екологічне зникнення бентосних форамініфер через закислення океану до 2100 р., подібно до зникнень, що спостерігалися у геологічному минулому. Декілька досліджень продемонстрували значний негативний вплив пониження рівня рН на види молюсків.

Дані види також мають дуже важливе економічне і екологічне значення для здорового функціонування екосистеми Чорного моря. Як ключовий елемент екосистем Чорного моря, двостулкові молюски забезпечують середовище існування для певних видів (створюють біогенні рифи) й фільтрують морську воду, впливаючи у цей спосіб на кругообіг поживних речовин.




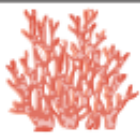



Група живих організмів		Реакція на закислення океану
 Водорості	Морські макроводорості та одноклітинні діатомові водорості	Зростання інтенсивності фотосинтезу, збільшення росту на 18-22%
	Коралінові та кіркові макроводорості, які кальцифікуються	Зниження інтенсивності фотосинтезу на 28%, скорочення чисельності на 80%
 Молюски	Двостулкові молюски (мідії, устриці, гребінці та ін), крилоногі молюски (птероподи), головоногі молюски	Зниження росту та розвитку майже на чверть, зниження рівня виживання на 34% та кальцифікації на 40%.
 Голкошкірі	Морські зірки, та морські їжаки	Зниження росту та розвитку на 10%
 Корали	Тропічні коралові рифи та холодноводні корали	Зниження чисельності майже вдвічі, зниження кальцифікації на 32%
 Планктонні організми, які мають мінеральний екзоскелет	Коколітофориди, форамініфери	Скорочення чисельності, зниження рівнів кальцифікації на 23%.
 Ракоподібні	Креветки, краби, лобстери, криль та інші планктонні ракоподібні	Ця група порівняно стійка до закислення, але личинки можуть бути вразливими.
 Риби	Дрібні (хамса, кілька, сардини, оселедці), крупні види (тунець, тріска) та ін.	Втрата оселищ та джерел харчування. Зміни у поведінці та зниження виживання мальків

Рисунок 1.8-Мешканці Чорного моря і їх реакція на закислення

Вони також є важливою ланкою харчового ланцюга. Зникнення даних видів становитиме серйозну загрозу для екосистем Чорного моря.

Автори декількох нещодавніх досліджень [64] стверджують, що закислення океану в поєднанні із глобальним потеплінням може призвести до підвищення чисельності медузоподібних організмів в наступному столітті. Медузи — це хижаки, що харчуються планктонними організмами (зоопланктон, рибні личинки, яйця), а тому зміни їх чисельності можуть прямо

й опосередковано впливати на екосистеми Чорного моря, насамперед на продуктивність риб.

В цей же час зростання темпів закислення в поєднанні із глобальним потеплінням, забрудненням й знищенням біотопів призводить до значних негативних наслідків у екосистемах Чорного моря, як на рівні окремих видів, так й на рівні біотопів й біорізноманіття моря загалом. Очікується, що деградація екосистем може мати й соціо-економічні наслідки:

1. продовольство—закислення може негативно впливати на продовольчу безпеку через вплив на промислові морські види, хоч вони і можуть реагувати по-різному; молюски, наприклад устриці й мідії, є однією із найуразливіших груп;

2. туризм—сфера може серйозно постраждати унаслідок впливу закислення океану на морські екосистеми;

3. уловлювання вуглецю й регулювання клімату—здатність моря поглинати вуглекислий газ зменшується з збільшенням рівня його закислення; кисліші води є менш ефективними із точки зору обмеження зміни клімату.

Населення прибережної зони Чорного моря складає приблизно 17,5 мільйонів людей, тобто засоби до існування тисяч людей залежать від його товарів й послуг. Рибогосподарський сектор відіграє важливу роль з точки зору задоволення попиту на білок з боку населення, чисельність якого зростає, а також сприяння зростанню валового внутрішнього продукту завдяки місцевої зайнятості. До 150 тисяч людей залежать безпосередньо від риболовлі у Чорному морі.

Відповідно до спеціального звіту Продовольчої й сільськогосподарської організації ООН [66], зростання температури води у Чорному морі впливає на біорізноманіття й фізіологію видів риб, негативно позначається на міграції й створенні косяків, наявності необхідних джерел їжі, процесах нагулювання й розмноження, модулюванні динаміки й продуктивності запасів риби. Найпоширенішим промисловим видом риб в Чорному морі й анчоуси. Температура морської поверхні визнається ключовим фактором, що впливає

на розмноження, харчування/ метаболізм й темпи росту, визначаючи характер міграції й утворення косяків.

Чорноморська кілька посідає 2-ге місце серед об'єктів рибальства. Температура води й кормові ресурси вважаються найважливішими факторами навколишнього природного, що контролюють популяцію кільки. Із-поміж придонних ресурсів найціннішою рибою, із точки зору ціни за кілограм, є палтус.

Крім надмірного вилову, зменшення популяції палтуса певною мірою пов'язано з зменшенням рівня кисню у придонному шарі. Таким чином, прогнозоване потепління негативно впливатиме на можливості відносно вилову риби, що матиме прямі наслідки для тривалості і інтенсивності риболовного сезону. Попри документально підтверджену фізіологічну реакцію промислових видів риб на збільшення температури, небагато відомо про наслідки закислення океану.

Однак результати досліджень вказують на те, що за деяких умов підвищена температура й двоокис вуглецю можуть спричинити негативні синергетичні ефекти. В зв'язку із цим важливі промислові види риб, що зазнають негативного впливу глобального потепління, можуть стати навіть ще вразливішими через закислення [15, 29].

Прогнози відносно того, як зміна клімату і закислення впливатимуть на деякі види і міжвидові відносини, залишаються дуже невизначеними. Тим не менше, дуже важливо дослідити вплив даних чинників як на біорізноманіття Чорного моря загалом, так й на важливі промислові види, від яких залежать місцеві громади.

Таким чином, в результаті виконання першого розділу роботи нами було встановлено, що Чорне море є унікальним місцем існування безлічі морських мешканців. Також нами було визначено, що закисленість негативно впливає на морських мешканців.

Зростання темпів закислення в поєднанні із глобальним потеплінням, забрудненням й знищенням біотопів призводить до значних негативних

наслідків у екосистемах Чорного моря, як на рівні окремих видів, так й на рівні біотопів й біорізноманіття моря загалом. Очікується, що деградація екосистем може мати й соціоекономічні наслідки.

1.3. Молюски, як біоіндикатори водних екосистем

Значення молюсків для біоіндикації забруднень водоймищ важко переоцінити. Більше 100 років тому Ортманн (1909) описав водоймища в Північній Америці у той час, коли Кольквіц та Марссон (1909) досліджували поверхневі води у Німеччені. Завдяки тим дослідженням було виявлено, що зменшення або взагалі відсутність популяції мідій є наслідком забруднюючих речовин. У 1976 році в Сполучених Штатах Америки було започатковано «Mussel Watch» як одну з перших великомасштабних географічних програм спостереження за навколишнім середовищем з використанням живих організмів [45; 46]. Така схема охоплювала узгоджений стандартизований відбір проб і вимірювання забруднюючих речовин у чотирьох видів двостулкових молюсків (двох види *Mytilus*, *Crassostrea virginica* та *Ostrea equestris*) у понад 100 осіб на узбережжі Північної Америки. Тканини молюсків аналізували на важкі метали, радіонукліди, галогенові і та нафтові вуглеводні, що надало багато корисних даних щодо базових рівнів цих речовин. В наступні роки також до програми приєдналися інші країни, та дослідження набуло глобального масштабу, тому інформація про забруднення прибережної екосистеми певними речовинами доступна сьогодні в усьому світі.

Існує ряд причин, через які прийнято вважати молюсків достовірними біоіндикаторами та біомоніторами навколишнього водного середовища:

1. Червоногі та двостулкові молюски широко поширені в усіх морських і прісних водних екосистемах в усьому світі. Крім того, червоногі молюски також можна знайти майже в усіх наземних середовищах.

2. Більшість молюсків, особливо тих, що живуть у водному середовищі, демонструють широкий ареал розповсюдження, полегшуючи їх використання у географічних широкомасштабних дослідженнях. Крім того, ряд видів і родів навіть космополіти (наприклад, мідії роду *Mytilus* з двома видами *M. edulis* і *M. galloprovincialis* є найбільш поширеним).
3. Багато молюсків є ключовими для функціонування морських, прісноводних і наземних екосистем, тому ймовірно, що забруднювач, який впливає на популяції таких молюсків також матиме негативний вплив на всю екосистему.
4. Більшість видів червононогих і двостулкових молюсків надзвичайно обмежені в русі і ведуть сидячий спосіб життя. Тому ці молюски є точними індикаторами забруднення їх довкілля. Більшість видів водних молюсків, особливо в помірному, субтропічному та тропічному регіонах, мають планктонну личинкову стадію, яка гарантує високий потенціал розповсюдження та дозволяє рекрутувати популяції навіть у тих середовищах існування, де статевозрілі дорослі особини могли б не вижити через високий рівень забруднення.
5. Молюски демонструють різноманітні види репродуктивності, такі як одночасний і послідовний гермафродитизм, гонохорія і партеногенез, кожен з яких поєднується з семелпарністю або ітеропарністю, щоб можна було контролювати вплив забруднювачів, що зумовлює саме ці типи репродукції. Крім того, молюски демонструють надзвичайні показники життєздатності, особливо щодо їх довголіття.
6. Через відсутність зовнішнього скелета, який є у членистоногих, молюски знаходяться в безпосередньому контакті з навколишнім середовищем (водою або ґрунтом). Таким чином, хімічні речовини можуть поглинатися не тільки з раціону (через шлунково-

кишковий тракт), але також додатково з навколишньої води або ґрунту через покриви, включаючи органи дихання у водних видів, що призводить до більшої здатності до накопичення забруднюючих речовин.

7. Порівняно з іншими групами безхребетних, такими як членистоногі та особливо хребетні, молюски демонструють лише обмежену здатність виводити забруднюючі речовини безпосередньо через свої нирки або інші органи виділення та тканини, метаболізувати органічні хімічні речовини та фізіологічно інактивувати токсичні важкі метали, напр. шляхом утворення металотіонеїнів і зв'язування з ними [54; 55]. Як наслідок, молюски досягають вищих коефіцієнтів біоаккумуляції або біоконцентрації для багатьох токсикантів, ніж інші систематичні групи. Таким чином, забруднювачі можуть негативно впливати на молюсків при нижчих концентраціях у навколишньому середовищі, ніж на інших безхребетних або хребетних, полегшуючи їх використання як своєрідну екологічну систему раннього попередження.

В прибережних екосистемах узбережжя Чорного моря найбільш доступними і досить ефективними біоіндикаторними організмами вважаються саме двостулкові молюски.

Навіть відносно низькі концентрації цілого ряду забруднювачів та їх комплексів при хронічному впливі можуть спричинити морфофізіологічні та біохімічні патології [34]. Мідія *Mytilus galloprovincialis* Lam. є визнаним індикатором антропогенного забруднення прибережних вод Світового океану і широко застосовується в системі біологічного контролю якості середовища [63*]. *Mytilus galloprovincialis* відіграє значну роль у функціонуванні морської екосистеми. Це пояснюється масовістю і широкими ареалами виду, поширеного від урізу води до сірководневої зони.

Мідії за способом живлення є активними фільтраторами. Для дихання і харчування вони пропускають через себе значну кількість морської води: один дорослий молюск фільтрує від двох до п'яти літрів води на годину, акумулюючи при цьому велику кількість сестона, що містить як неорганічні, так і органічні частинки в сукупності з адсорбованими або розчиненими у воді забрудненими речовинами. Відомо, що мідії здатні накопичувати в організмі токсичні речовини з морського середовища в концентраціях, що в п'ять-десять разів перевищують вміст токсикантів в донних відкладеннях.

У світовій практиці використовується досвід застосування цих властивостей молюска для очищення морської води від деяких видів забруднювачів. Методи на основі принципу рециркуляції вже діють у Швеції, Данії та країнах Балтії в рамках проекту «Baltic Blue Growth» [53]. За даними досліджень, зміна морфометричних характеристик, співвідношення фенотипів і статевої структури мідій є характерним відгуком на зміну якості морського середовища [64*; 63]. Виходячи зі своїх фізіологічних і екологічних характеристик, мідії є найбільш інформативними біомаркерами для вивчення якості навколишнього середовища в місці їх проживання як ланка, що замикає на собі всі процеси в екосистемі. У цьому зв'язку дослідження процесів взаємодії мідійних поселень з екосистемою шельфових зон Чорного моря може виявити критерії оцінки якості навколишнього водного середовища.

Висновки до першого розділу

Встановлено, що однією з ознак погіршення стану морського середовища є закислення океану. Так називають порушення нормального кислотно-лужного балансу морської води, яке може бути причиною вимирання деяких морських видів через їхню нездатність адаптуватися до більш кислого середовища, що веде до дисбалансу всієї екосистеми та харчових ланцюгів.

Наслідки закислення відображуються на біотичній компоненті екосистеми Чорного моря. Наприклад, знижується кількість молюсків таких видів як: *Dreissena polymorpha*, *Theodoxus fluviatilis* та *Theodoxus velox*.

Через підвищену чутливість молюсків до змін та забруднення навколишнього середовища ці організми є основними біоіндикаторами морських екосистем. Вони мають низьку якість, завдяки яким відмінно підходять на цю роль. Основними з них є великий ареал проживання, порівняно низька рухливість, що дозволяє чітко віднести результати досліджень до певної місцевості, високий рівень пристосовності та можливість накопичувати шкідливі токсини.

Через те, що молюски відіграють велику роль у життєздатності морської екосистеми, в очищенні водойм, є базою живлення для водяних тварин, нами у другому розділі представлено характеристику молюсків *Pontocaspian* як біоіндикатору зміни біорізноманіття морської екосистеми.

РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. МОЛЮСКИ *PONTOCASPIAN* ЯК ІНДИКАТОР ЗМІНИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЕКОСИСТЕМИ ЧОРНОГО МОРЯ

2.1 Загальна характеристика молюсків *Pontocaspian* як одного з індикаторів зміни біорізноманіття екосистеми Чорного моря

Молюски *Pontocaspian* утворюють унікальну ендемічну екологічну спільноту, яка зустрічається в перехідних солонуватих середовищах існування між прісноводними та морськими середовищами існування в регіоні Чорного моря. У всьому світі дуже мало ендемічного біорізноманіття існує в солонуватих водних системах через недостатню довговічність цих динамічних середовищ існування.

Pontocaspian біота еволюціонувала в аномологічних озерах і окраїнних морях Каспійсько-Чорноморського регіону протягом останніх кількох мільйонів років. У Чорноморському басейні, який включає Азовське море, молюски *Pontocaspian* живуть у дельтах річок, низинних озерах і естуаріях у північних прибережних зонах. Поточний стан і тенденції біорізноманіття *Pontocaspian* в басейні Чорного моря погано відомі через таксономічну невизначеність, відсутність стандартизованих даних спостережень та тимчасові межі середовищ існування *Pontocaspian*.

Цьому також перешкоджають мовні бар'єри (наприклад, Україна, Румунія, Молдова та Болгарія оточують басейн Чорного моря, спільне середовище існування та види *Pontocaspian*, але звіти здебільшого робляться відповідними мовами та часто залишаються неопублікованими), складна економічна ситуація[9, 27].

Хоча всебічного уявлення про популяційні тенденції біоти *Pontocaspian* відсутнє, очевидно, що прибережні території Чорного моря зазнали різноманітних антропогенних змін. Повідомлялося, що ці антропогенні

впливи призвели до значного скорочення чисельності молюсків *Pontocaspian* в різних місцях.

Біота *Pontocaspian* складається з хребетних (наприклад, риб), а також різноманітних таксонів безхребетних (наприклад, молюсків, ракоподібних і черв'яків). Молюски *Pontocaspian* особливо добре підходять для вивчення мінливої долі біоти *Pontocaspian* у басейні Чорного моря. Вони добре представлені в музейних колекціях, їхні мушлі можуть вказувати на попередні випадки появи видів (рис. 2.1), вони зустрічаються в усіх донних середовищах існування молюсків *Pontocaspian*, і деякі з видів є хорошими індикаторами навколишнього середовища (тобто виявляють чутливість до кисню, солоності, течії води).



Рисунок 2.1- Пляж Шелл на острові Попіна в північній частині озера Разім, Румунія, (розташований у середовищі існування).



Рисунок 2.2-Залишки раковин *Pontocaspian*

Молюски *Pontocaspian* показують вимерлий *Hypanis plicata* (№ 1), винищену *Adacna fragilis* (№ 2) і *Monodacna colorata* (№ 3). В останні десятиліття прісноводні таксони, такі як *Viviparus acerosus* (№ 4) і *Unio pictorum* (№ 5), стали дуже поширеними, тоді як кількість видів *Pontocaspian* скоротилася. Мушлі показують занепад біоти *Pontocaspian* в басейні Чорного моря.

У межах типу деякі види молюсків *Pontocaspian* характеризуються вузькими ареалами поширення, що відповідають вузьким межам екологічної толерантності. Інші види, такі як дрейсенові двостулкові молюски *Pontocaspian*, є опортуністичними і стали основними видами в інших місцях. Таксономічний статус кількох видів молюсків *Pontocaspian* не визначено через велику морфологічну варіабельність і ускладнюється нестачею або відсутністю живого матеріалу для нових досліджень на основі ДНК [26].

Проте в останні роки була створена мережа спеціалістів з молюсків *Pontocaspian* у рамках фінансованої Європейським Союзом інноваційної навчальної мережі «PRIDE», яка активно спрямована на таксономічні невизначеності, що є постійними зусиллями та забезпечує необхідною таксономічною базою для цього дослідження.



Рисунок 2.3-Огляд видів молюсків *Pontocaspian* з північного та північно-західного боку Чорного моря. (a) *Monodacna colorata*, типова форма. (b) *Monodacna colorata*, *forma pontica*. Озеро Разім (Румунія). (c) *Hypanis plicata*. Озеро Разім (Румунія). (d) *Adacna fragilis* Milaschewitsch. Азовське море (д) *Adacna vitrea glabra* Ostroumov (f) *Dreissena bugensis* Andrussov. Азовське море. (g) *Dreissena polymorpha*. Південно-Бузький лиман (Україна). (h) *Theodoxus fluviatilis* р. Дніпро, Херсонська область (Україна). (i) *Theodoxus velox*. Дельта р. Дніпро, Збур'євський лиман, Херсонська область (Україна). (j) *Theodoxus danubialis*. Гергвайс, річка Вільс (Німеччина). (k) *Theodoxus major* Issel. (l) *Laevicaspia ismailensis*. Озеро Кухурлуй або Ялпуг (Україна).

Молюски *Pontocaspian* спільноти зустрічаються на прибережних рівнинах у районах, що знаходяться під впливом Чорного та Азовського морів, таких як нижні течії річок, лагуни, дельти, естуарії/лімани та затоки (рис. 2.4 та 2.5). Лимани (особлива форма рельєфу, поширена в Північному Чорному морі) — це лагуни, які здебільшого або повністю відокремлені від моря

системами піщаних бар'єрів і мають властивості лагуни, озера, затоки та лиману. Деякі групи *Pontocaspian*, такі як види *Theodoxus* і *Dreissena*, є толерантними до широкого спектру умов навколишнього середовища та мають набагато більші ареали поширення, ніж *Lytnosa* види *rdiine* та/або *hydrobiid* — вони поширені в річках і озерах, у тому числі за межами дренажних систем басейну Чорного моря.



Рисунок 2.4. Приклади місць проживання *Pontocaspian* у басейні Чорного моря.

На першому малюнку (рис. 2.4, а) зображено озеро Ялпуг, Україна. Це велике озеро, яке все ще є основним середовищем існування *Pontocaspian*, однак евтрофікація помітна. Зона очеретяної рослинності вздовж берега є місцем проживання видів *Pontocaspian hydrobiid*. На рис. 2.4, б – Дністровський лиман, Україна. Невеликі хвилі активно формують

черепашкові хребти вздовж лиману біля Білгород–Дністровського, складені переважно черепашками *Monodacna* та *Dreissena*. На території ще живуть теодоксус і переважно молоді монодакни, а гідробіїди представлені свіжими порожніми мушлями. На рис. 2.4., с – озеро Біле в дельті Дністра, Україна.

У менших дельтових озерах і річкових заплавах озерах, таких як показано на цьому зображенні, у минулому (20 століття) були поєднання прісноводних видів і видів *Pontocaspian*, але види *Pontocaspian* здебільшого зникли з цих середовищ існування в минулому столітті. (d) Дніпровський лиман, Олександрівка, Україна. Піщане дно дистального сектора лиману. Тут домінують прісноводні види. Велика кількість порожніх оболонок видів *Pontocaspian*, таких як гідробіїд, *Theodoxus* і *Monodacna spp.* свідчать про їхню колишню чисельність у регіоні. (e) Дельта Дніпра, філія Конка. Широке річкове русло вище за течією лиману. У цьому середовищі існування присутні всі групи молюсків *Pontocaspian*. (f) Пороги річки Південний Буг, Мігійський каньйон, Україна.

Ці пороги утворюють природну верхню межу для поширення більшості таксонів *Pontocaspian*. (g) Херсонський вантажний порт, Україна. Гавані є важливими переносниками інвазійних видів, а днопоглиблення, необхідне для забезпечення доступу до моря, має різний вплив на середовище існування *Pontocaspian* в лиманах і лиманах.

У 20 столітті в різних регіонах було описано три основні типи спільнот *Pontocaspian*: спільноти *Dreissena*, спільноти *Dreissena–Monodacna* та спільноти *Adacna–Hypanis–Monodacna*. Спільноти, в яких домінує *Dreissena*, поширені в річках у регіоні *Pontocaspian* та за його межами, але також зустрічаються як вторинні спільноти, збіднені видами в естуаріях у всіх регіонах *Pontocaspian* в басейні Чорного моря. Було запропоновано декілька субспільнот *Dreissena*, і всі вони характеризуються відсутністю *Monodacna*. Спільноти *Dreissena–Monodacna* утворюють багаті видами спільноти в прісноводних до олігогалійних середовищах в центрі естуаріїв у всіх регіонах басейну Чорного моря і локально домінують види *Monodacna* або *Dreissena*.

Угрупування з домінуванням *Adacna*–*Hypanis*–*Monodacna* були поширені в олігогалінно-мезогалінних зонах у всіх регіонах басейну Чорного моря. Ці спільноти були відносно бідними видами, містили лише *Adacna fragilis*, *Monodacna colorata* та *Hypanis plicata*.

Досліджено стан і тенденції розвитку понтокаспійських видів у басейні Чорного моря [16]. Статус і тенденції щодо видів молюсків *Pontocaspian* базуються на даних, отриманих із 68 опублікованих звітів. Зібрані дані були переважно якісними, що призвело до невизначеної кількості записів. Десять регіонів басейну Чорного моря містять випадки появи ендемічних видів *Pontocaspian* у 20-му та/або 21-му століттях (рис. 2.5).

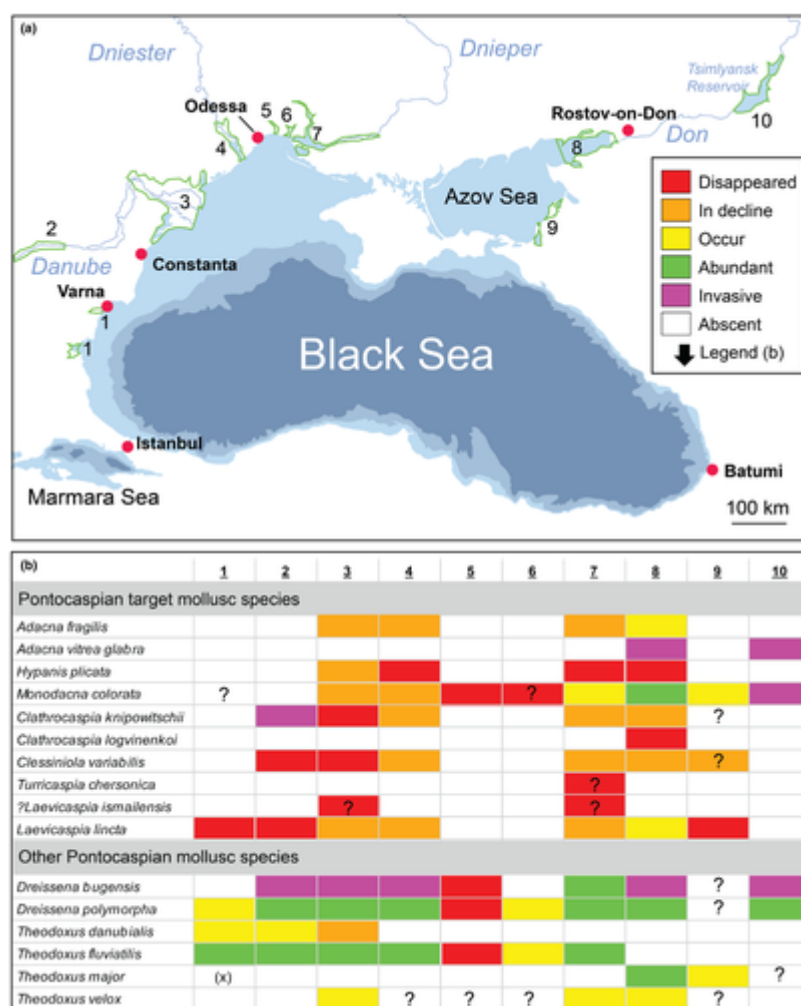


Рисунок 2.5-Види *Pontocaspian*, що зустрічаються в басейні Чорного моря

1. Болгарські прибережні лагуни та лимани,
2. Нижній Дунай,
3. Дельта Дунаю–Разим,
4. Дністровський лиман,
5. Тилігульський лиман,
6. Березанський лиман,
7. Дніпровсько–Бузький лиман,
8. затока–дельта Дону,
9. ПД Приазов'я,
10. Цимлянське водосховище.

Статус видів молюсків *Pontocaspian*. «Зменшення» означає мінімізація ареалу поширення в межах території та/або зменшення чисельності в минулому столітті. «Invasive» означає впровадження у 21-го столітті. Знаки питання позначають території з недостатніми спостереженнями (наприклад, південно-східне узбережжя Азовського узбережжя) або таксономічні групи, які потребують повторного дослідження (види *Theodoxus*).

Однак із загибеллю останнього в Чорному морі ці спільноти зникли. Оптимальними умовами для цього співтовариства є прісна або олігогалінна вода, піщаний, черепашковий або помірно мулистий субстрат у затоці та райони слабкої течії, які вказують на хорошу оксигенацію та помірну гідродинаміку (такі як середовища існування у зовнішніх річка Дон). У середовищі існування *Pontocaspian* раніше існували локальні дуже щільні агрегати поширень *Pontocaspian* молюсків, які можна інтерпретувати як спільноти або підспільноти.

Угруповання з домінуванням *Clessiniola variabilis* були згадані в мілководдях зі змінною солоністю в Дністровському та Дніпровсько-Бузькому регіонах, але ми не зустрічали таких агрегатів за останні десятиліття. Угруповання з домінуванням *Laevicaspia lincta* були загальною рисою в прісноводних районах і іноді з низьким рівнем олігогалінної води з великою кількістю Дрейссена [27, 29].

Болгарське узбережжя Чорного моря містить 31 водно-болотну територію, як-от озера, болота та нижню частину річкової заплави, звідки повідомлялося про живі види *Pontocaspian* молюсків. *Theodoxus fluviatilis* було виявлено в більш ніж 15 водно-болотних угіддях, тоді як *Dreissena polymorpha* зустрічалася приблизно в десяти водно-болотних угіддях у минулому, і наразі підтверджено в п'яти з цих природних місць існування. *Theodoxus danubialis* зустрічався в озері Варна до засолення в першій половині 20 століття і зараз вважається вимерлим у Болгарії.

Живі екземпляри *L. lincta* були зареєстровані Дренським в озері Мандра та озері Білослав. Вид вважався рідкісним для Болгарії, і з тих пір більше не було зареєстровано. Про *Pontocaspian* кардіїд повідомлялося лише як мушлі в прибережних водно-болотних угіддях Болгарії. Канева-Абаджієва виявила поодинокі раковини *M. colorata* в різних частинах і на різних глибинах Варненського озера, припускаючи, що вид був присутній там до зміни режиму солоності в першій половині 20 століття.

Валканов, Маринов і Губенов виявили раковини *L. lincta*, *M. colorata* та *H. plicata* у прибережних відкладеннях Чорного моря, і раковини *C. variabilis*, про які повідомляють Генев і Пейчев і Губенов. Незрозуміло, чи відображають ці прибережні раковини можливі явища 20-го століття, оскільки давніший голоцен і навіть пізній Плейстоценові виявлення добре відомі з мілководних відкладень у прибережних і шельфових районах Чорного моря.

Болгарські прибережні водно-болотні угіддя Чорного моря зазнали різноманітних сильних антропогенних навантажень внаслідок сільськогосподарського, рекреаційного, міського та промислового розвитку протягом останніх двох століть. Посилення евтрофікації та значні варіації фізико-хімічних параметрів, таких як солоність, вміст кисню, вміст мінеральних речовин і температура у водно-болотних угіддях спричинили виразні зміни у молюсків *Pontocaspian*.

Деякі з минулих середовищ існування видів *Pontocaspian* повністю змінилися. Наприклад, озеро Варна було з'єднано з морем через навігаційний

канал у 1909 році, а з озером Білослав – у 1923 році. Пізніше, у 1975 році, було побудовано більший канал і морський порт, що підвищило солоність в обох озерах, спричинивши втрату їх природних фауни, в тому числі видів *Pontocaspian*.

Біота *Pontocaspian* в інших водно-болотних угіддях (наприклад, Дуранкулак, Шабла-Езерець, Бургас, Мандра та болото Дявольсько-Блато) скоротилася або зникла через обмеження або повне відключення від Чорного моря через будівництво дамб та/або через інтенсивне розведення риби діяльність, надмірний вилов риби, а також побутове та промислове забруднення [4, 29].

Pontocaspian молюски такі як *Theodoxus* і *Dreissena* є і завжди були звичайними в річці Дунай. У болгарському секторі у 20 столітті повідомлялося про раковини *Pontocaspian hydrobiid*. У червні 1958 р. порожні раковини *L. lincta* були зареєстровані в Оряхово (678 км) Русевим. Мушлі *C. variabilis* були знайдені вище за течією Лом (474 км) у вересні 1957 р., у Русе (493 км) у жовтні 1959 р. і вище за течією Сілістри (381 км) у червні 1963 р. Не існує жодних записів 21-го сторіччя про молюсків *Pontocaspian* з болгарської ділянки річки Дунай. Однак нещодавно *Clathrocaspia sp.* був описаний як *Caspia milae* у *Boeters et al.* з острова Вардім у болгарському секторі Дунаю, ідентичність якого підлягає подальшому вивченню.

Основними загрозами для водних молюсків загалом і фауни *Pontocaspian* у басейні Чорного моря зокрема є втрата та деградація середовищ існування, забруднення та інтродукція інвазивних чужорідних видів. Протягом багатьох років річка Дунай була забруднена міськими, промисловими та сільськогосподарськими відходами та зазнавала зростаючої економічної діяльності, такої як рух суден.

Основною загрозою, яка стала проблемою 21-го століття, є інтродукція, встановлення та поширення інвазивних чужорідних видів. В останні роки завдяки збільшенню чисельності та біомаси нещодавно інтродукованих інвазивних чужорідних мідій *Corbicula fluminea*, *Sinanodonta woodiana* та

Dreissena bugensis бентосні середовища проживання в болгарському секторі повністю змінилися, які можуть мати потенційний несприятливий вплив на декілька видів молюсків *Pontocaspian*. Крім того, інвазивні мідії можуть безпосередньо впливати на види *Pontocaspian* через конкуренцію та забруднення.

Дельта Дунаю (до її вершини біля Галаца), сусідні затоплені долинні озера як з румунського боку (наприклад, Братес, Крапіна та Жіжила), так і з українського боку (Ялпук, Катлабук, Кагул і Китай), а також прибережний комплекс озера Разім–Синое на південь від дельти та озеро Сасик на півночі складають велику (близько 6000 км²) і різноманітну територію, де проживає багато видів *Pontocaspian*. Озеро Сасик історично було відокремлене від дельти Дунаю, але було включено, коли в 1978 році був побудований підвідний канал з Дунаю. Більша частина регіону Дунай-Разім складається з прісноводних середовищ існування (наприклад, річкових каналів, заплавних дельтових озер, затоплених річкових долин і боліт), але, що важливо, градієнти солоності до мезогалінних умов відбуваються у зовнішній дельті та в прибережних лагунах і озерах. Максимальна глибина в межах комплексу лагуни Разім становить 3,5 метрів.

Регіон дельти Дунаю історично містить різноманітну фауну молюсків *Pontocaspian* з дванадцятьма видами *Pontocaspian* [15]. Поширеними видами молюсків *Pontocaspian* є *M. colorata*, *T. fluviatilis* і *D. polymorpha*. Усі три види лімнокардіїну, зареєстровані у 20 столітті, зникли в румунських озерах, за винятком *Razim–Sinoe*, де *M. colorata* та *A. fragilis* все ще існують. Однак щорічні польові дослідження в комплексі Разім показали, що їх чисельність сильно знизилася за останні 15 років.

У 20 столітті *H. plicata* була поширена в комплексі *Razim–Sinoe Lake*. Останній раз цей вид був знайдений живим у комплексі Разім-Синое озеро в 2004 році. В озерах і лагунах, розташованих дуже близько до узбережжя Чорного моря, *A. fragilis* був звичайним явищем у 20 столітті, але останнім часом вид зменшився. Вчені Вельде та ін. показали, що спільноти *Razim* були

майже повністю замінені прісноводними спільнотами в останні десятиліття. У Румунії види *Pontocaspian hydrobiid* були зареєстровані в основному в комплексі Разім-Сіное та місцях існування з низькою солоністю поблизу гирла притоків Дунаю. У більшості випадків ці записи представлені порожніми раковинами, а їх історичне поширення (наприклад, випадки 20-го століття) недостатньо відоме. За останнє десятиліття не було виявлено жодного живого екземпляра, окрім запису *L. lincta* у 2003 році.

В українській частині дельти Дунаю, в озері Китай, угруповання *Pontocaspian* нещодавно повністю зникли, а чисельність видів *Pontocaspian* у цьому та інших озерах зменшується. Ареали розповсюдження *L. lincta* та *A. fragilis* зменшилися порівняно з випадками, зареєстрованими понад століття тому.

Останній вид *Pontocaspian* став рідкісним у своєму рідному північно-західному узбережжі Чорного моря, але тимчасово став поширеним (разом із *M. colorata*) в озері Сасик, коли озеро було з'єднано з Дунаєм. Річка, через канал, у 1978 році. Раніше в озері Сасик існували морські спільноти, але після того, як було встановлено зв'язок з річкою Дунай, тут стали поширеними дві спільноти *Pontocaspian*: спільноти *Dreissena* в берегових зонах і спільноти *Monodacna* в більш глибоких частинах. *Laevicaspia ismailensis* могла зникнути з озер Ялпуг і Кухурлуй.

Було запропоновано кілька причин зменшення видів і спільнот *Pontocaspian* у регіоні Дунай–Разім. Такі вчені як Поп та ін. в 2009 році запропонували твердження що до зникнення видів лімнокордіїну. Вельде та ін. пов'язав порушення градієнтів солоності в комплексі озера Разім–Сіное через зміну маршруту вод Дунаю, а також закриття притоків Чорного моря в другій половині 20-го століття, з розпадом спільнот *Pontocaspian* і зникненням видів.

Нещодавно інвазійні *Corbicula spp.* розширювалися в районі дельти Дунаю, і потенційна взаємодія цього успішного інвазивного з видами *Pontocaspian* є причиною для занепокоєння [17, 26].

Нижній Дністер, що складається з дельти та лиману Дністра, Кучурганського лиману і нижньої течії річки Дністер до Дубесарської греблі (Молдова) історично містить багату фауну *Pontocaspian*, яка включає 10 видів моллюсків.

Довжина Дністровського лиману близько 45 км, площа водної поверхні близько 400 км², максимальна глибина 2,7 м. У 20 столітті лиман був розділений на внутрішню прісноводно-олігогалінну зону, середню олігогалінну зону і зовнішню мезогалінну зону (солоність зазвичай становить від 4 до 9 з епізодичним зниженням під час пікових паводків).

Режими солоності змінювалися через втручання людини. Глибоководний морський канал уможливив вторгнення морської води під час штормових нагонів. У басейні верхнього Дністра система рибних сходів знищила природні режими стоку. Загалом басейн нижнього Дністра характеризується проблемами сезонного дефіциту стоку та пов'язаної з цим деградації заплавної екосистем, характерних для всіх великих річок з каскадами дамб.

Епізодичний викид великої кількості прісної води з водойм у річки живлення спричиняє сильне епізодичне освіження внутрішньої та середньої частин Дністровської системи. Це освіження різко посилює градієнт солоності та мінімізує області оптимальної солоності біоти *Pontocaspian*. Кучурганський лиман (частина Дністровського лиману, яка була відрізана дельтою річки, що розвивається) була перетворена на водойму-охолоджувач для електростанції і, таким чином, зазнала теплового забруднення.

Ареал поширення *Pontocaspian* у дельті Дністра скоротився на початку 20 століття перед початком масштабних антропогенних змін, таких як будівництво дамб і каналів і теплове забруднення. Згідно з нашими спостереженнями, види *Pontocaspian lymnocardine* і *hydrobiid* повністю зникли в заплавної озерах, а в руслах річок збереглися лише найбільш толерантні види *Dreissena* і *Theodoxus*.

Протягом останніх десятиліть угруповання Дністровського лиману з домінуванням *A. fragilis* і *H. plicata* зникли. На видовому рівні *A. fragilis*, *M. colorata* та *L. lincta* мають значно зменшені ареали та/або чисельність, а *H. plicata* та *Clathrocaspia knipowitchii*, можливо, вимерли в районі Дністра.

Будівництво дамб стало головною причиною загибелі екосистеми заплави Дністра, на яку ще більше вплинуло збільшення видобутку води, зміни клімату та органічне забруднення. Збільшення епізодичних вторгнень морської води та мінливість притоку прісної води з водозбірних басейнів сильно вплинули на градієнти солоності.

Підвищення солоності в естуаріях в умовах зміни клімату та штучних повеневих споруд є загальносвітовою тенденцією. У прісноводних та олігогалінних зонах, серед численних чужорідних видів, два види молюсків *D. bugensis*, вид *Pontocaspian* з Дніпровсько-Бузького лиману, та *Potamopyrgus antipodarum*, вид з Нової Зеландії. У нижній зоні Дністровського лиману чужорідні види (особливо *Mytilopsis leucophaeta*) займають вільні ніші видів *Pontocaspian*, які не пристосовані до швидких змін солоності. Ці інвазивні види в нижній частині Дністровського лиману скористалися перевагами зменшення кількості видів *Pontocaspian*, але не обов'язково було продемонстровано, що вони спричинили зменшення та зникнення спільнот *Pontocaspian*.

Березанський лиман має довжину 26 кілометрів, площу поверхні 60 кілометрів квадратних, максимальну глибину 26 метрів і з'єднаний з Чорним морем каналом. У лимані багато заток, які мають дуже різну гідрологічну обстановку [39, 50]. Затока Солонець Тузли відокремилася і перетворилася на гіперсолоне озеро в 20 столітті. У кількох місцях споруджено дамби, щоб створити ізольовані зони для аквакультури, що перешкоджає водообміну.

Більшість річок, що впадають у Березанський лиман, є сезонними степовими річками, які влітку пересихають. Ця сезонність робить їх непридатними для видів *Pontocaspian*, за винятком нижньої течії р. Березань, де трапляється *D. polymorpha*. Солоність у межах Березанського лиману

історично коливалась приблизно в межах 3–6 PSU, але була знижена притоком води з низьким вмістом солі під час пікових стоків із сусіднього Дніпровсько-Бузького лиману через канал, що з'єднує лиман із Чорним морем.

На початку 20 століття на Березанському лимані домінували *M. colorata*, а також *Theodoxus spp.* і далі містив *D. polymorpha*. Останнім часом *M. colorata* зникла в кількох місцях, де вона була раніше, але деякі ділянки в межах естуарію не були досліджені, інші види *Pontocaspian* все ще зустрічаються в цьому лимані.

Дніпровсько-Бузький лиман включає Південно-Бузький лиман, річку Буг до міста Нова Одеса та Дніпровський лиман, дельту та нижню частину Дніпра до Каховської дамби. Дніпровський лиман має довжину 55 км і з боку Чорного моря обмежений звуженням на північному кінці Кінбурнської коси. З південного боку Ягорлицька затока також може входити до Дніпровсько-Бузького комплексу. Довжина Бузького лиману – 47 км, максимальна глибина – 22 метри. Центральні райони мають переважно мулисте дно, а берегові зони переважно піщані з поодинокими кам'янистими відслоненнями.

До 19 століття Дніпровсько-Бузький лиман мав градієнт солоності, подібний до Дністровського лиману. У зовнішній зоні спостерігалася змінна солоність із середнім значенням 4 PSU. Проте посилення зарегулювання річкових басейнів і будівництво судноплавних каналів призвели до масштабних змін солоних режимів. Будівництво греблі гідроелектростанції в 1950-х роках обмежило надходження прісної води, що призвело до сильного збільшення солоності (причому сильно постраждали прісноводні та олігогалінні області), але також призвело до епізодичного масового викиду прісної води. Згодом солоність поступово знижувалася і початковий градієнт більш-менш повертався.

Однак поєднання слабкого стоку річки та сильних західних вітрів іноді штовхає мезогалінні води Чорного моря через Бузько-Дніпровсько-Лиманський канал вгору за течією до Миколаївського та Херсонського портів.

Ці вторгнення морських вод різко змінили режими солоності та збільшили мінливість, особливо у вузькому Бузькому лимані.

Дніпровсько-Бузький лиман історично є головним центром біорізноманіття Pontocaspian у басейні Чорного моря. На початку 20-го століття тут існувала різноманітна фауна *Pontocaspian*, яка містила деякі місцеві ендемічні види. Деякі види *Pontocaspian*, у тому числі *C. variabilis*, були зареєстровані в Ягорлицькій затоці на південній стороні Дніпровсько-Бузького лиману та *L. lincta* у верхній дельті Дніпра поблизу Херсона [45, 52].

Дніпровський лиман сильно постраждав від будівництва каскаду дамб уздовж річки Дніпро, що призвело до різкого занепаду молюсків *Pontocaspian*. *Pontocaspian* угруповання збереглися лише в східній частині лиману, що примикає до дельти. За нашими спостереженнями, ареал угруповань *Pontocaspian* зменшився також у гирловій частині Південного Бугу (верхів'я Південно-Бузького лиману та пониззя р. Південний Буг). Спільноти скоротилися, а деякі види стали дуже рідкісними або вимерли на місцевості, наприклад *A. fragilis*, *H. plicata*, *Turricaspia chersonica* та *Clathrocaspia knipowitchii*.

Після будівництва каскаду водосховищ на р. Дніпро в 1930–1970-х роках дебіт води помітно зменшився, а накопичення мулу збільшилося. У водосховищах і гирлах Дніпра почастишало цвітіння водоростей, а вміст кисню в донному ґрунті знизився, що призвело до місцевих безкисневих умов. Разом із прогресуючим замуленням дна водойм скоротилися площі твердих субстратів, на яких можуть зустрічатися дрейсенові асоціації та угруповання вищої водної рослинності. Це призвело до поступового, але широкомасштабного скорочення місць існування, придатних для видів червононогих молюсків *Pontocaspian*, таких як *Clathrocaspia spp.* які покладаються на дрейсенових двостулкових молюсків для відкладання яєць.

Загородження річок є поширеним явищем майже у всіх великих річках басейну Чорного моря. Будівництво дамб і великомасштабних зрошувальних

систем призвело до зміни режимів річкового стоку, що вплинуло на види та угруповання *Pontocaspian*.

Багато видів *Pontocaspian* чутливі до наявності кисню та режиму річкового стоку [23, 44]. Нещодавно побудовані споруди, такі як каскади на дамбах водосховищ і цементовані канали та береги річок, забезпечили нові місця існування для деяких видів *Theodoxus/Dreissena*. У той же час кількість м'якодонних або блукаючих видів, які залежать від переривчастих режимів течії (наприклад, гідробіід), зменшилася з нещодавно зведеними бар'єрами.

У річкових мережах загородження призвело до розділення та зникнення малих річкових басейнів і деградації заплав і дельт більших річок. У межах естуаріїв загородження призвело до ізоляції та місцевого засолення, що призвело до скорочення основного середовища проживання молюсків *Pontocaspian*. Накопичення мулу, що спричиняє втрату твердого субстрату та рослинності (внаслідок обмеження стоку річки дамбуванням), створило несприятливі умови для спільнот *Pontocaspian* у Дніпрі.

Ці несприятливі умови призвели до скорочення ареалу. Таке погіршення також стосується інших річок північно-західного Причорномор'я (Південний Буг, Дністер), а також нижньої течії Дону. Замулення слід розглядати як важливий, можливо, навіть ключовий фактор, що викликає скорочення середовища існування, що загрожує біоті *Pontocaspian*.

Зміни припливу морської та прісної води в прибережні райони впливають на природні режими солоності та градієнти, які підтримують види та спільноти *Pontocaspian* у прибережній зоні. Це стосується обмеження надходження води в Чорне море через спорудження берегових бар'єрів і закриття входів, збільшення притоку прісної води через водовідвідні канали з прилеглих річок, збільшення мінливості річкового стоку в результаті забору води вище за течією та епізодичного викиду (погіршується посиленням літніх посух і пікових повеней), і збільшенням морського припливу через будівництво та днопоглиблення судноплавних шляхів і порушення берегових бар'єрів. Кожен регіон містить особливу комбінацію факторів, що впливають

на градієнти солоності та режими, які підтримують види та спільноти молюсків *Pontocaspian*, але в цілому варіабельність сильно зросла.

У багатьох районах басейну Чорного моря (епізодичний) приплив мезогалінних вод Чорного моря збільшився в результаті будівництва каналу та днопоглиблення. Наприклад, глибоководні судноплавні канали, які вимагають регулярного днопоглиблення, призвели до масового вторгнення морської води в естуарії та дельти річок під час штормових нагонів, викликаючи швидкі коливання солоності. Вплив може бути посилений через великомасштабний відбір води вище за течією з цих естуаріїв і дельт річок [23].

У кількох регіонах порушення піщаних бар'єрів і кос призвело до сильного підвищення солоності та руйнування існуючих стабільних градієнтів. Інші лимани та затоки перетворилися на ізольовані гіперсолоні озера в результаті їх відділення від основних лиманів природним чи техногенним впливом. Ці гіперсолоні озера ворожі для видів *Pontocaspian*. Порушення градієнтів солоності в прибережних озерних системах Дунаю внаслідок закриття входів у Чорне море та водовідведення річок стало основним фактором, що спричинив загибель видів молюсків *Pontocaspian*.

Pontocaspian види в неприливних естуаріях басейну Чорного моря живуть у широких градієнтах солоності, але часто зустрічаються у відносно постійних режимах солоності придонних шарів води. Популяції видів *Pontocaspian* мають локальні оптимуми акліматизації та на них негативно впливає швидке засолення коливань навіть у межах їхньої аутокологічної толерантності. Збільшення мінливості солоності особливо корисно для широкого використання чужорідних і місцевих видів.

Інвазивні види викликають постійне занепокоєння для молюсків *Pontocaspian*. *Pontocaspian* угруповання замінено угрупованнями з домінуванням інвазійних *Mytilopsis leucophaeata*, *P. antipodarum*, *Rhithropanopeus harrisi* та інших евригаліних видів у зовнішній частині Дністровського лиману та верхів'ях Буго-Інгульської гирлової зони на

територіях, де раніше мешкали *Clessiniola*, *limnocardiine* та ін. Оборот населення може бути дуже швидким, як показали дослідження вчених і дослідників в деяких нижніх лиманах підвищена солоність призвела до заміни спільнот *Pontocaspian* морськими спільнотами, які колонізували ці території з Чорного моря.

Ці морські спільноти сильно постраждали від трьох інвазивних видів молюсків, особливо в північно-західній частині Чорного моря: *Mya arenaria*, *Rapana venosa* та *Anadara sp.*. У районах із сильним освіженням, таких як система Разім-Сіное, види прісноводних молюсків, включаючи немісцеві двостулкові (наприклад, *S. woodiana*, *C. fluminea*) і живородні, які поширилися за рахунок видів *Pontocaspian*. Деякі види *Pontocaspian* молюсків самі стали інвазивними [44].

Мідія *Quagga*, *D. bugensis*, поширилася у другій половині 20-го століття зі свого рідного північно-західного ареалу Чорного моря у всі середовища існування *Pontocaspian*, основні внутрішні водні системи західної центральної Європи та навіть прісноводні екосистеми Північної Америки. Вид *M. colorata* нещодавно був інтродукований у Каспійське море, а також в озеро Балхаш–Казахстан. Місцевий каспійський підвид, *A. vitrea glabra*, нещодавно поширився в дренаж річки Дон і має великий вплив на місцеві бентосні види та спільноти. Збільшення активності судноплавства між річковими системами збільшило ризик інтродукції каспійських видів *Pontocaspian*.

Anadara sp. Види роду *Anadara sp.*, 1847 Широке поширення в тропічній зоні Індійського і Тихого океанів. В Середземному морі під назвою *Scafarca cfr.* вперше виявлений у 1969 р. Як *Anadara sp.* вперше відмічено в 1981 р. в Чорному морі, а в 1986 р. – в Керченському проливі [2]. В 1989 р. створки вперше знайдені в Азовському морі та визначені як *Anadara. (Scafarca) inaequalvis* [1]. В останні роки належність азово-чорноморських молюсків до виду «*Anadara inaequalvis*» оспарюється многими дослідниками [9].

2.2. Матеріали і методи дослідження

Одним з найважливіших показників хімічного складу води є значення рН. Великомасштабна структура поля рН і кліматичні тенденції його змін у верхньому шарі морських вод залежать від зміни парціального тиску вуглекислого газу в атмосфері, характер річкових вод, що надходять у море, і атмосферних опадів, розчинності CO₂ у воді, біогеохімічних процесів у морському середовищі та інших факторів.

Для оцінення змін динаміки рН води в районі Чорноморського шельфу в роботі використовувалися дані банку Інституту природно-технічних систем (ІПТЗ), який містить 169646 вимірювань величини рН на 29 086 станціях. Для розрахунку кліматичного поля рН та сезонного ходу водневого показника з усього масиву вибиралися дані щодо величині рН лежить на поверхні моря, присвячені приустьевой зоні р. Дунай у західному районі Чорноморського шельфу, за період із 1960 по 2000 р.р. Вихідні дані за весь досліджуваний період, минулі попередній контроль якості, що групувалися по місяцях (Табл. 2.1). Район дослідження - акваторія, що розташовується у дельти нар. Дунай до зони превалювання морських вод.

Таблиця 2.1- Щомісячна кількість вимірювань величини рН на акваторії приустьяного узмор'я р. Дунай, західної частини Чорноморського шельфу у період із 1960 по 2000 гг.

Рік/ Міс.	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1960- 2000	36	103	291	390	566	517	624	688	629	545	282	72

Також використано результати досліджень партнерів Black Sea Scene Project за проектом SeaDataNet2 Özsoy та Ünlüata [75*]. 1997 Для аналізу даних використовувалося програмне забезпечення Ocean Data View. Дані проаналізовано для всього періоду та окремо за 1990-2004 та 2005-2014 роки з урахуванням середньорічних аномалій температури поверхні моря та кількості надходження прісної води.

Просторовий і часовий розподіл разом із кількістю станцій за кожен рік аналізованих даних рН показано на рисунку 2.2. Інтенсивність даних північної частини Чорного моря більша, ніж південної частини.

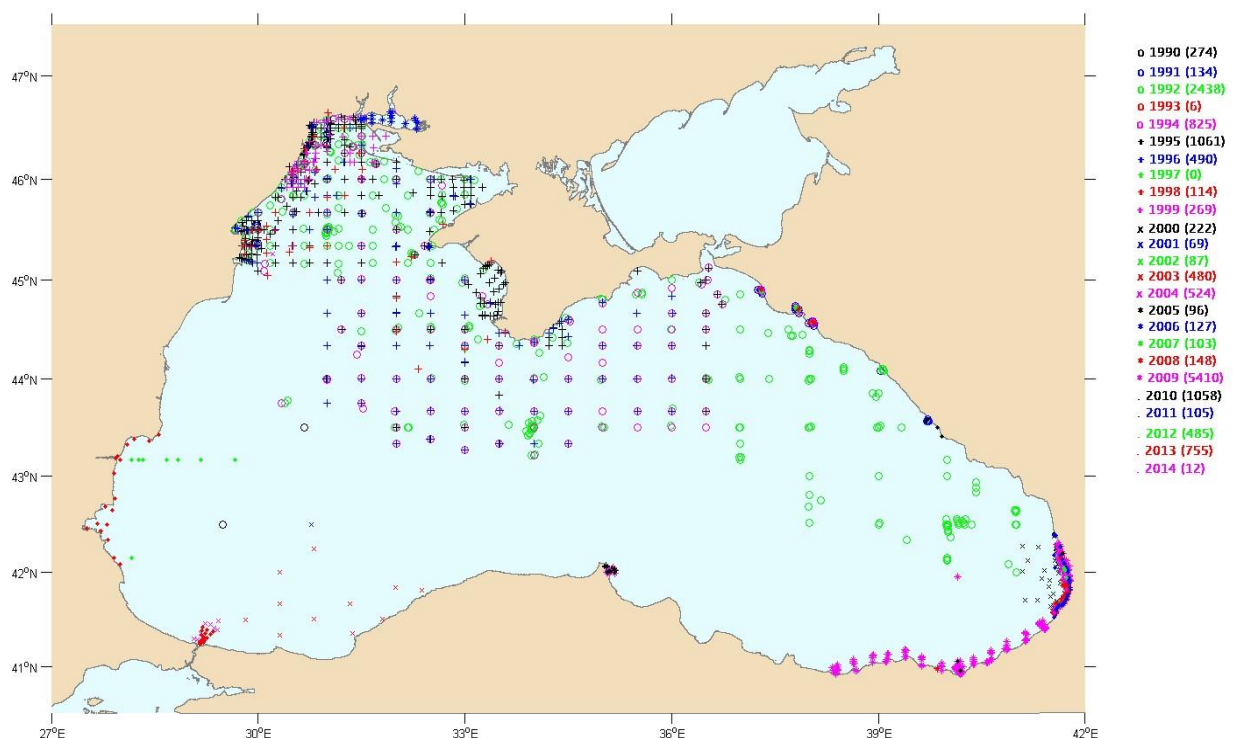


Рисунок 2.2- Проаналізовані дані станцій спостереження за рН у Чорному морі між 1990 і 2014 роками

Дані рН аналізували окремо на поверхневому та нижньому шарах. Оскільки Özsoy та Ünlüata 1997 [32] вказали, що поверхнева глибина перемішування знаходиться в межах 30 м, а галоклін і піноклін зазвичай знаходяться на 100-200 м, дані в межах 30 м вважалися поверхневим шаром, тоді як дані на глибині більше 100 м вважалися нижнім шаром.

Тенденції до зниження та підвищення рН були проаналізовані для всього періоду та окремо за 1990-2004 та 2005-2014 роки з урахуванням середньорічних аномалій температури поверхні моря та кількості надходження прісної води. Отримані тенденції порівнювали статистично з температурою повітря та антропогенними викидами CO₂. Температуру повітря було отримано від Турецької метеорологічної служби, антропогенні викиди CO₂ – зі Звіту про зміну клімату Турецької метеорологічної служби за 2013 рік [29], отриманого від Турецького статистичного інституту. Середньорічні аномалії температури поверхні моря були безпосередньо отримані від Європейського агентства з навколишнього середовища [32].

Матеріалами дослідження змін у кількісному складі молюсків *Pontocaspian* в районі Чорноморського шельфу виступили дані спостережень, які виконано науковцями Національного природного парку (НПП) «Меотида» [55]. У західній частині Національного природного парку (НПП) «Меотида» від материкової суші далеко в море в південно-західному напрямку відходить вузька піщано-ракушечна Білосарайська коса довжиною 14 км. Східний берег коси рівний, складений із піщано-ракушечникових відкладень, має чисті піщані та піщано-ракушечникові пляжі зі значними береговими вибросами, що складаються з багатьох ракових молюсків.

Західний берег коси звистий, до нього примикає залив Білосарайської коси з глибиною до 4,5–6 метрів у центральній частині, що є частиною акваторії НПП. Дно залива в основному піщано-ракушечникове, в прибрежній частині на глибині до 1,2 м покрито шаром ілистих відкладень.

Матеріал зібраний в кінці червня – початку липня 2015 р., на березі залива Білосарайської коси (акваторія НПП «Меотида») у с. Юрївка Першотравневого району Донецької області. На піщаному пляжі обслідувана берегова смуга вище зони заплесків довжиною 2 км, на якій утворювалися берегові виброси шириною 0,5–3 м, що складаються з раковин морських молюсків (танатоценоз). На учбовій ділянці берегових викидів розміром 20x1

метрів нами зібрані всі крупні породи раковин молюсків довжиною понад 20 мм, виділені нами візуально.

З метою повного обстеження складу берегових викидів на трьох ділянках танатоценозу було відібрано по три проби розміром 0,12x0,12x0,085 м.

Отримані раковини молюсків визначали за допомогою кількох джерел [59; 11 і др.]. Усі таксони наведені у відповідності до сучасної систематики, викладеної у Всесвітньому реєстрі морських видів [59]. Проміри довжини і висоти раковин молюсків *Pontocaspian* проводили за допомогою штангенциркуля з ціною поділу 0,1 мм, дрібних раковин – за допомогою вимірювального мікроскопа з ціною поділу 0,05 мм.

За даними вчених НПП «Меотид» винесення морських хвиль і накопичення раковин молюсків, а також їх переробка цими ж хвилями в ракушечний пісок в танатоценозі відбувається пропорційно їх кількості в бентозі. Тому, досліджуючи чисельність і масу раковин молюсків у танатоценозі в граничний момент часу, можна отримати спільні дані про ролі того чи іншого виду молюсків у малакоценозі за досить великий часовий проміжок.

З цією метою визначали відносну кількість раковин двостворчатих молюсків в танатоценозі берегового викиду на учтових майданчиках в пересиченні на 1 м². В ході дослідження також розглядається ряд одиниць зберігання двостворчатих молюсків, що знаходяться в Зоологічному музеї ННПМ НАН України, зібраних на побережжі Азовського моря.

Свіжі створки раковин цього вида (20 екз.) були зібрані на площадці 20x1 м. Довжина раковин (ДР) – 22,9–24,0 мм, висота (ВР) – 19,4–21,8 мм, що, на нашу думку, відповідає 3–4-річному віку молюсків. Також існує 1 створка раковини *Anadara sp.*, що було знайдено відпочиваючими в 2012 році. на пляжі в м. Маріуполь Донецької області, розташованому східному Білосарайській коси. ДР – 40,8 мм, ВР – 33,5 мм, що відповідає 4–5-річному віку молюска *Pontocaspian*.

Висновки до другого розділу

Молюски *Pontocaspian* спільноти зустрічаються на прибережних рівнинах у районах, що знаходяться під впливом Чорного та Азовського морів, таких як нижні течії річок, лагуни, дельти, естуарії/лімани та затоки.

Багато видів *Pontocaspian* чутливі до наявності кисню та режиму річкового стоку.

Основними загрозами для водних молюсків загалом і фауни *Pontocaspian* у басейні Чорного моря зокрема є втрата та деградація середовищ існування, забруднення та інтродукція інвазивних чужорідних видів. Так, протягом багатьох років річка Дунай була забруднена міськими, промисловими та сільськогосподарськими відходами та зазнавала зростаючої економічної діяльності, такої як рух суден. Інтродукція, встановлення та поширення інвазивних чужорідних видів стала проблемою 21-го століття. В останні роки завдяки збільшенню чисельності та біомаси нещодавно інтродукованих інвазивних чужорідних мідій *Corbicula fluminea*, *Sinanodonta woodiana* та *Dreissena bugensis* бентосні середовища проживання в болгарському секторі повністю змінилися, які можуть мати потенційний несприятливий вплив на декілька видів молюсків *Pontocaspian*. Крім того, інвазивні мідії можуть безпосередньо впливати на види *Pontocaspian* через конкуренцію та забруднення.

Регіон дельти Дунаю історично містить різноманітну фауну молюсків *Pontocaspian* з дванадцятьма видами *Pontocaspian*. Поширеними видами молюсків *Pontocaspian* є *M. colorata*, *T. fluviatilis* і *D. polymorpha*. Усі три види лімнокардіїну, зареєстровані у 20 столітті, зникли в румунських озерах, за винятком *Razim–Sinoe*, де *M. colorata* та *A. fragilis* все ще існують. Однак їх чисельність сильно знизилася за останні 15 років.

РОЗДІЛ 3. МОЛЮСКИ *PONTOCASPIAN* У РАЙОНІ ЧОРНОМОРСЬКОГО ШЕЛЬФУ ПІД ВПЛИВОМ ЗМІНИ КИСЛОТНОСТІ МОРСЬКОЇ ВОДИ

3.1. Динаміка рівня рН поверхневих вод Чорного моря за даними турецьких дослідників

Варіації рН поверхневого шару (0-30 м) за період 1990-2014 рр. представлені на рис. 3.1. Максимальний і мінімальний рН становлять приблизно 8,7 і 7,4 відповідно. Значення рН нижнього шару менші, ніж у поверхневого шару, як і очікувалося. Оскільки немає даних за 10 років у нижньому шарі, це може не відобразити справжню тенденцію рН.



Рис. 3.1- Середньорічні варіації рН на поверхневому шарі (0-30 м) Чорного моря поблизу турецького узбережжя за період 1990-2014 рр.

Загальна тенденція рН дещо зростає за весь період. Але спостерігається дуже чітке зростання після 2004 року, тоді як до нього незначне зниження. З іншого боку, відбулося дуже значне зниження з 2003 по 2004 рік (приблизно

на 0,8 одиниці), а після 2004 року рН періодично збільшувався до 2014 року. Оскільки коливання рН поверхневого шару в основному реагують на підкислення, аналіз у цьому дослідженні в основному були зосереджені на поверхневому шарі (0-30 м). IPCC5 (Intergovernmental Panel on Climate Change) стверджує, що прісна та холодна вода може поглинати більше CO₂ з атмосфери, що призводить до закислення в таких водних масах.

Тому за той самий період аналізували температуру поверхні моря та солоність. Тим не менш, річна середньорічна аномалія температури поверхні моря між 1990-2014 роками представлена на рис.3.2 за допомогою даних, отриманих від Європейського агентства з навколишнього середовища. Зрозуміло, що аномалія SST (Sea Surface Temperature) між 1990-2004 роками менша, ніж (переважно нижче нуля) між 2005-2014 роками, що показує холодну SST протягом цього періоду [20, 23].

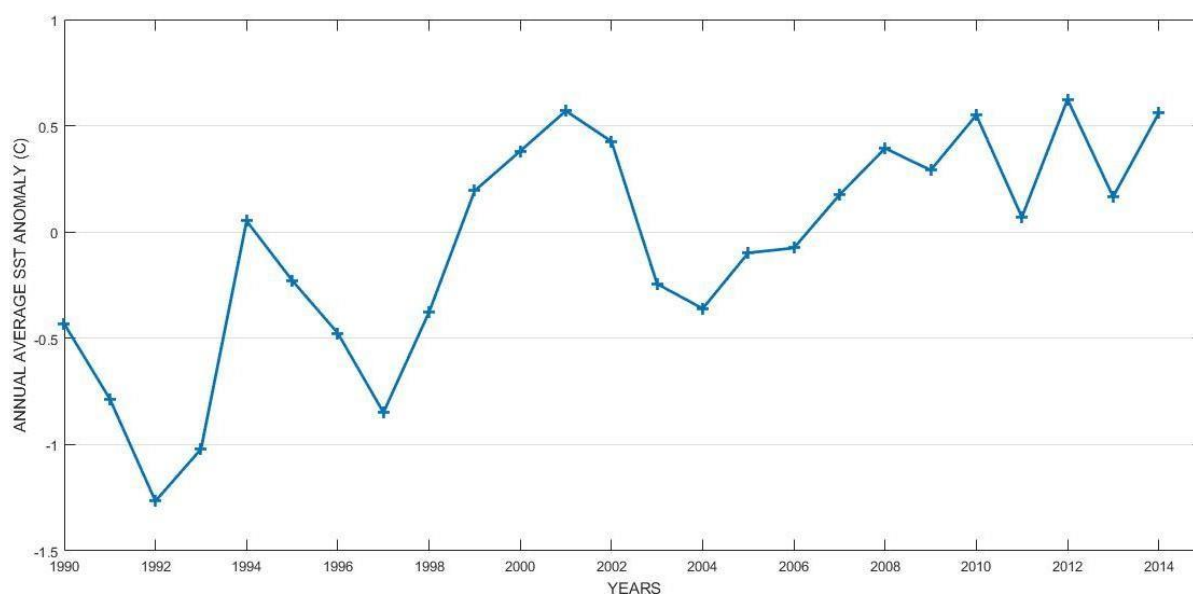


Рис. 3.2. Середньорічна аномалія SST Чорного моря поблизу турецького узбережжя між 1990-2014 роками.

Це пов'язано зі зниженням рН протягом періоду 1990-2004 років, оскільки передбачається, що холодні поверхневі води поглинали більше CO₂ з атмосфери. З іншого боку, більш високі значення SST у 2005-2014 роках

(середні аномалії переважно вище нуля) зробили поверхневі води Чорного моря меншими поглиначами CO₂ з атмосфери, і це також пов'язано зі збільшенням рН протягом цього періоду.

Аналіз результатів, наведених на рис. 3.1 та 3.2, проведено за допомогою кореляційного аналізу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Кореляційний зв'язок між температурою (°C) та значенням рН морської води поблизу турецького узбережжя

Рік	Температура (°C)	Значення рН
1990	-0,4	8,34
1991	-0,45	8,3
1992	-1,35	8,1
1993	-0,2	8,35
1994	0	8,36
1995	-0,3	8,4
1996	-0,5	8,42
1997	-0,8	8,1
1998	-0,9	8,21
1999	-0,4	8
2000	0,1	8,35
2001	0,25	8,34
2002	0,51	8,2
2003	-0,46	8,16
2004	-0,4	7,4
2005	-0,35	7,81
2006	-0,2	7,76
2007	-0,15	7,62
2008	0,2	8,21
2009	0,4	8,19
2010	0,3	8,19
2011	0,05	8,6
2012	0,6	8,24
2013	0,1	8,62
2014	0,4	8,41

Коефіцієнт кореляції склав величину 0,41. Невисоке значення коефіцієнту кореляції вказало, що рівень рН морської води визначається не лише впливом температури, температурним градієнтом. Крім SST,

надходження прісної води також є важливим фактором зміни солоності та підкислення. Тому кореляційний аналіз у даному випадку потрібно будувати на багатфакторності впливів на рівень рН морської води, серед яких температура, об'єми надходження прісних вод (зазвичай підкислених), інтенсивності поглинання водою CO_2 тощо.

Існує 211 можливостей поглинання CO_2 . Між 1990 і 2004 роками річковий стік, атмосферні опади і загальний баланс прісної води мали тенденцію до зростання, а між 2005 і 2014 роками ці характеристики значно зменшилися, особливо кількість опадів і загальний баланс прісної води [43, 48]. Це означає, що надходження прісної води в період з 1990 по 2004 рр. сприяло зниженню рН, тоді як менша кількість прісної води в період з 2005 по 2014 рр. підтримує підвищення рН. Кореляційний зв'язок між об'ємом надходження прісної води (м^3) та значенням рН морської води поблизу турецького узбережжя нами не проаналізовано через брак даних.

3.2. Динаміка рівня рН поверхневих вод Чорного моря за даними українських дослідників

Для оцінювання зміни динаміки хімічного складу в районі Чорноморського шельфу використано дані банку Інституту природно-технічних систем (ШТЗ) [60] (рис. 3.1).

Сезонний хід величини рН розрахований за даними, середнім по всій аналізованій акваторії. В якості геохімічного кордону річкового екотону при типових величинах стоку річок зазвичай приймається ізогаліну 6‰ [61]. На підставі аналізу кліматичного поля солоності були обрані такі межі приустьової зони: $45,2^\circ$ - $45,55^\circ$ пн.ш. і $29,7^\circ$ - $29,85^\circ$ с.д. Середня за акваторією величина рН розраховувалася за щомісячними даними, усередненими за весь досліджуваний період. За усереднення враховувався наступний, добре відомий факт.

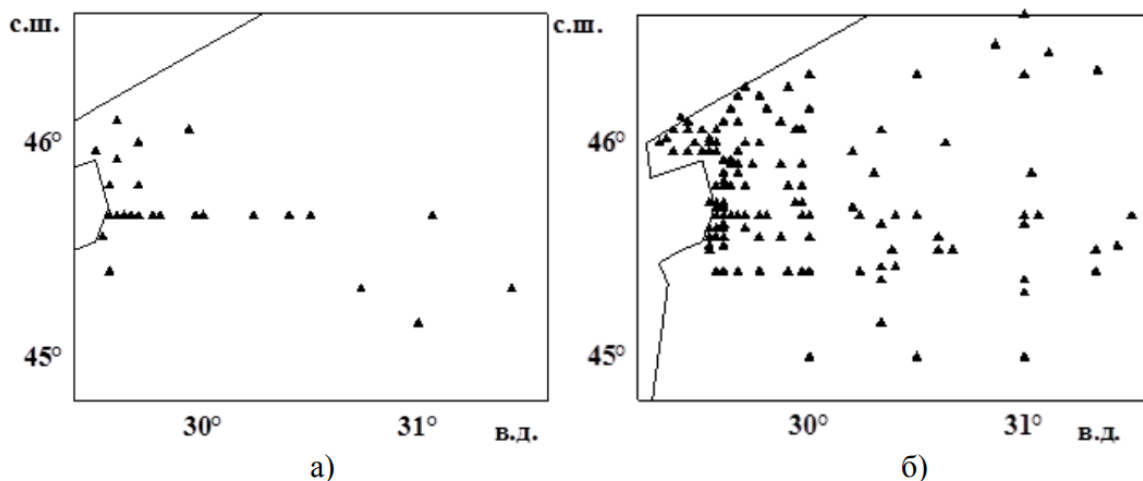


Рисунок 3.1- Просторовий розподіл станцій, де вимірювалася величина рН на поверхні моря 1960–2000 рр.; а) січень; б) серпень

Дані вимірів величини рН не підпорядковуються нормальному закону розподілу. Вибіркова гістограма тому характеризується явно вираженою асиметрією (рис. 3.2). У такому разі як кліматичну характеристику величини рН можуть використовувати її медіанне значення. Медіана відповідає квантилю розподілу = 8,5.

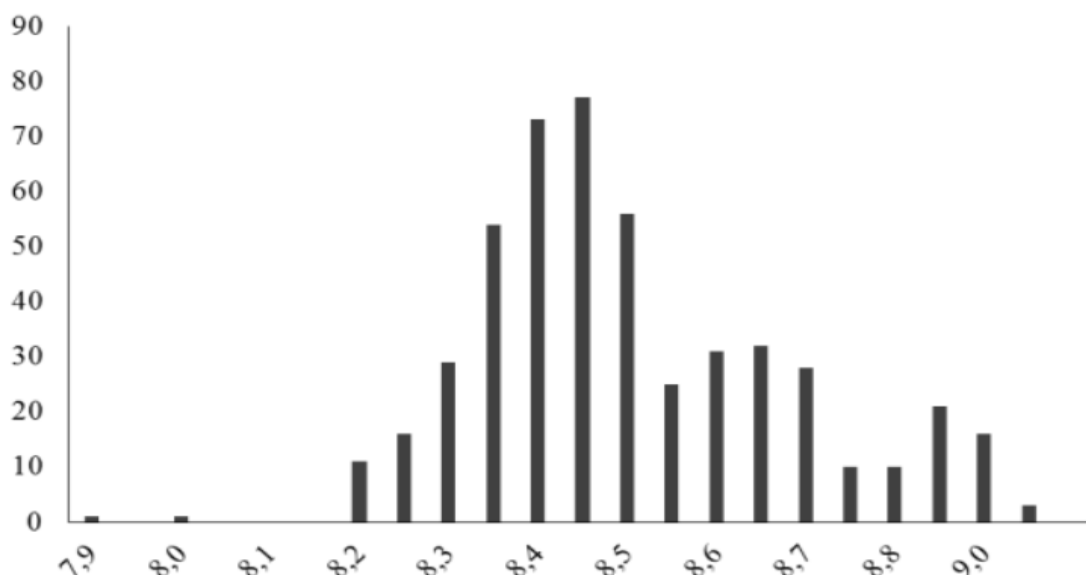


Рисунок 3.2.-Гістограма розподілу величини рН на акваторії приустьового узмор'я р. Дунай у районі Чорноморського шельфу за середньокліматичний червень

У поверхневих водах досліджуваного району діапазон кліматичних значень середньорічних величин рН змінюється в межах 8,42-8,47 за середнього поля 8,46 од. рН (рис. 3.2). Максимальні величини (8,45-8,47 од. рН) зосереджені в районі трансформації та перемішування річкових та морських вод. Поблизу дельти р. Дунай (в області превалювання річкових вод) спостерігалися нижчі величини 8,42-8,44 од. рН, тому що діапазон середньокліматичних величин рН річкової води зазвичай суттєво нижчий, ніж у морських чорноморських водах. За літературними даними він становить 7,50-8,30 од. рН [61]. Описані просторові неоднорідності в полі рН, а саме локальний максимум рН, що формується на схід та південний схід від дельти річки, зумовлений надходженням розпресненої річкової води, багатой біогенними елементами, що сприяє виникненню різкої стратифікації та інтенсивного цвітіння у верхньому шарі моря.

Середній сезонний перебіг величини рН в аналізованій частині моря добре описується річною гармонікою. Її внесок у сумарну дисперсію середньомісячних величин рН становить більше 83%. Розмах середньої сезонної мінливості величини рН у поверхневому шарі досягає 0,22 од. Сезонна динаміка величин рН відповідає розвитку продукційних процесів. Від зими до літа відзначається її збільшення, а потім зменшення до осені (рис. 3.3). У весняні місяці відбувається швидкий прогрів поверхневих вод, а також надходження великої кількості біогенних елементів із річковим стоком у період весняної повені. Ці процеси стимулюють розвиток дрібноклітинних організмів, що підтверджується максимумом вмісту пігменту хлорофілу (первинний фотосинтезуючий пігмент фітопланктону). Тому у цей період року і відбувається відповідне зростання величини рН. Максимальні значення рН навесні досягають 8,45-8,50, а влітку - 8,57 од. рН, що є наслідком «цвітіння» [60].

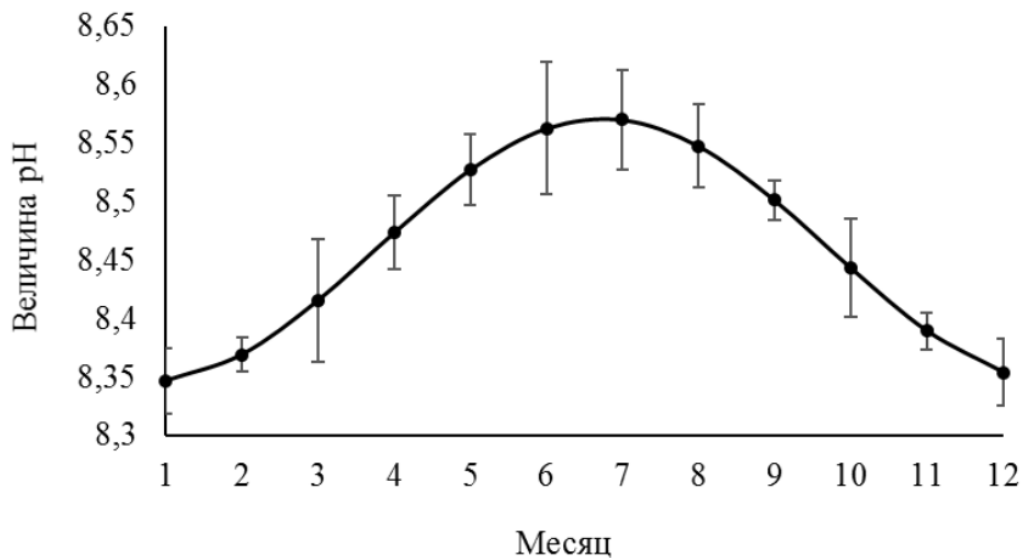


Рисунок 3.3- Середній сезонний перебіг величини рН, апроксимований з періодом 12 місяців. Щомісячні величини стандартного відхилення рН на приустьовій акваторії в районі Чорноморського шельфу позначені вертикальними відрізками

Слід додати, що відзначається високий позитивний кореляційний зв'язок величини рН і температури води та негативний – з концентрацією кисню. Літній максимум величини рН частково можна пояснити як біологічними процесами, а й особливостями газообміну між атмосферою і поверхневими шарами морської води. З підвищенням температури води відбувається зменшення розчинності і відповідно рівноважних концентрацій вуглекислого газу в поверхневих шарах морської води, що, природно, призводить до підвищення рН [59]. В осінній період відбувається зниження потоку сонячної радіації та зниження температури поверхневих вод, що призводить до зменшення чисельності фітопланктону та скорочення його видового багатства. Тим не менш, у глибоководному районі в осінньо-зимові місяці спостерігається пік рН, якою характеризує осінньо-зимове «цвітіння» води [60].

Гармонічний аналіз сезонного ходу північно-західного узбережжя моря в районі Чорноморського шельфу показав, що річна гармоніка описує 91%

загальної дисперсії сезонної мінливості стоку. Максимальні величини у період із 1941 по 2000 гг. відзначаються з березня по червень та досягають 8590 м³/міс, а мінімальні – до 4446 м³/міс – у серпні - листопаді, при середній величині – 6541 м³/міс., що близько до опублікованих даних [60].

3.3. Видовий склад двостулкових молюсків *Pontocaspian* в НПП «Меотида»

У період проведення робіт виділено створення раковини 9 видів двостулкових молюсків *Pontocaspian*. Вони відносяться до 7 сімейств і 9 родів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3-Систематичний список молюсків *Pontocaspian* Азовського моря з акваторії НПП «Меотида»

CLASSBIVALVIA (LINNAEUS, 1758)	<i>Genus Cerastoderma Poli, 1795</i>
<i>Subclass Pteriomorphia</i>	<i>Cerastoderma glaucum (Bruguiere, 1789)</i>
Order Arcoida	<i>Genus Monodacna Eichwald, 1838</i>
<i>Superfamily Arcoidea</i>	<i>Monodacna colorata (Eichwald, 1829)</i>
<i>Family Arcidae Lamarck, 1809</i>	<i>Superfamily Veneroidea</i>
<i>Genus Anadara Gray, 1847</i>	<i>Family Veneridae Rafinesque, 1815</i>
<i>Anadara sp.</i>	<i>Genus Chamelea Murch, 1853</i>
Order Mytiloidea	<i>Chamelea gallina (Linnaeus, 1758)</i>
<i>Superfamily Mytiloidea</i>	<i>Superfamily Dreissenoidea</i>
<i>Family Mytilidae Rafinesque, 1815</i>	<i>Family Dreissenidae Gray, 1840</i>
<i>Genus Mytilaster Monterosato, 1884</i>	<i>Genus Dreissena Van Beneden, 1835</i>

<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)
Genus <i>Mytilus</i> Linnaeus, 1758	Order Myoidea
<i>Mytilus galloprovincialis</i> Lamarck, 1819	Superfamily Myoidea
Subclass Heterodonta	Family Myidae Lamarck, 1809
Infraclass Euheterodonta	Genus <i>Mya</i> Linnaeus, 1758
Order Veneroidea	<i>Mya arenaria</i> Linnaeus, 1758
Superfamily Cardioidea	Family Corbulidae Lamarck, 1818
Family Cardiidae Lamarck, 1809	Genus <i>Lentidium</i> de Cristofori & Jan, 1832
Subfamily Lymnocardinae	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. Costa, 1830)

На погляд дослідників, поява створок раковин *Anadara sp.* тут можна датувати приблизно 2007–2008 рр. Таким чином, форма молюска *Anadara sp.* на північному побережжі Азовського моря в східному напрямку не обмежилася районом пгт Кирилловка Акимовського району Запорізької обл. 2005 м. як передбачалося раніше [11], а за період 2006–2009 рр. простягнулось на значну територію– до м. Маріуполь.

Mimilaster lineatus. Представників цього виду дуже багато в Азовському морі, однак у фондах збірки з побережжя Донецької обл. відсутні. Створки раковин різних віків знайдено у всіх трьох фракціях (1+, 4+, 8+). ДР – 6,4– 19,1 мм, в ср. (n = 23) – 10,4 мм, ВР – 3,3–8,9 мм, в ср. (n = 23) – 5,1 мм.

Mimil galloprovincialis. У наших зборах раковини цього виду представлені створками розміром понад 40 мм, зібраними на учбовій площі, а також відсійними з фракцій 8+ і 4+. Із фракції 1+ раковин *M. galloprovincialis* не відсіяно.

Весь порядок раковин в середньому ($n = 59$) 3,2 гр. Максимальне значення ДР і ВР раковини відповідно 75,4 мм і 39,0 мм. Середні значення ($n = 22$): ДР – 51,0 мм, ВР – 27,8 мм, ВР/ДР – 0,55 од.

Cerastoderma glaucum. Ряд видів, таких як *Cerastoderma glaucum*, *C. lamarcki* і *C. umbonatum*, а також *C. clodiense Brocchi*, які згадуються в монографії «Моллюски Азовського моря» [11], згідно сучасній систематиці [59]. Цей вид є найбільш чисельним видом двостворчатих моллюсків *Pontocaspian* Азовського моря. Середня вага зібраних на учбовій площі розміром 26–31 мм ($n = 32$), становить 2,4 гр.; при довжині 16–25 мм у середній вазі створки ($n = 450$) – 0,72 гр. З фракції 8+ було витягнуто створки довжиною 9–15 мм, маса однієї створки в середньому ($n = 400$) 0,17 гр. З фракції 4+ було витягнуто створки довжиною 4–8 мм, середня маса однієї створки 0,02 гр. В фракції 1+ раковини *C. glaucum* не виявлені. В берегових викидах знайдено лише 1 створку раковини цього виду.

Таким чином ми можемо проаналізувати чисельність моллюсків *Pontocaspian*. Серед найбільш крупних раковин, зібраних на учбовій площадці розміром 20x1 м, виділені створки раковини чотирьох видів моллюсків *Pontocaspian*. Дані про їх відносну кількість представлені у таблиці 3.2.

M. arenaria розміром 25–90 мм, кілька нижче – чисельність створок раковини *C. glaucum* . розміром 16–31 мм і *M. galloprovincialis*.

У фракції 8+ знайдено створення раковини 6 видів моллюсків. Найбільш багаточисельними в пересиченні на одиниці площі були створені раковини *C. glaucum* і *M. arenaria*. Нижче була численність створок раковин *M. galloprovincialis* і *Ch. gallina*. Найменша кількість позначена для створення раковин двох видів – *M. lineatus* і *M. colorata*. У фракції 4+ знайдено створки раковини трьох видів моллюсків *Pontocaspian*. Найбільш багаточисельними в пересиченні на одиниці площі були створені раковини *C. glaucum* і *L. Mediterraneum*.

Таблиця 3.4.- Кількість створок раковин двостулкових молюсків в берегових викидах на пляжі у м. Юрівка Першотравневого району Донецької області на березу залива Білосарайської коси акваторії НПП «Меотида», липень 2015 р.

№ п/п	Види молюсков	20 x1	фракція	фракці	20 x1	фракція	фракція
		(м)	8+	я 4+	(м)	8+	4+
		Кількість (екз /м ²) у 2019 році			Кількість (екз /м ²) у 2020 році		
1	<i>Anadara inaequalvis</i> (Bruguilre, 1789)	1	0	0	1	0	0
2	<i>Mytilaster lineatus</i> (Gmelin, 1791)	0	70	0	0	70	0
4	<i>Cerastoderma glaucum</i> (Bruguilre, 1789)	25	27887	11800	25	27780	11800
5	<i>Monodacna colorata</i> (Eichwald, 1829)	0	90	0	0	70	0
6	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	0	350	0	0	350	0
7	<i>Dreissenapolymorpha</i> (<i>Pallas, 1771</i>)	0	0	0	0	0	0
8	<i>Mya arenaria</i> <i>Linnaeus, 1758</i>	60	4860	0	60	4860	0
9	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O. G. <i>Costa, 1830</i>)	0	0	9720	0	0	9720

З екологічної точки зору двостулкові молюски характеризуються пелагічним типом розвитку. Їх життєвий цикл включає стадію

вільноплаваючої пелагічної особини, яка проходить три послідовно змінювані фази–трифори, велигера і великонха. По закінченні метаморфоза личинка осідає на дно і переходить до сидячого образу життя, властивому дорослим особам [11].

За типом харчування двостворні моллюски є типовими фільтраторами-сестонофагами, які виробляються відфільтрованими з великої кількості води мілкових одноклітинних організмів і частинок детриту. В цьому відношенні вони є найбільш корисними складовими морських біоценозів, бо здатні виконувати функцію самоочищення морських вод від забруднення [13].

По відношенню до ґрунтів двостворчатих молюсків можна розділити на кілька груп. Переважно на м'яких абостих ґрунтах (пелофільний комплекс) знаходиться *L. mediterraneum*. На твердих ґрунтах (петрофільний комплекс) знаходяться *M. lineatus*, *M. galloprovincialis* і *D. polymorpha*. На піщаному дні (псаммофільний комплекс) частіше всього зустрічаються *M. colorata*, *Ch. gallina* і *M. arenaria*.

По відношенню до солі води два види – *M. colorata* і *D. polymorpha* – є мешканцями лиманів і устьєвих ділянок річок, в яких рН не перевищує 5–7. Всі інші є видами, що мешкають за солоності 10–18 і навіть до 30.

3.4. Зміни видового складу двостулкових молюсків

Двостулкові молюски – *Bivalvia* – є другою за різноманітністю групою молюсків у Чорному морі. З трьох існуючих надзагонів двостулкових молюсків у морі мешкають представники двох з них, що належать до 4 підкласів, 14 загонів, 34 сімейств [61].

Точну кількість видів молюсків, що мешкають зараз у Чорному морі, назвати неможливо: деякі види відомі за поодиначних знахідками і більше не зустрічалися, інші вселяються, треті зникають тощо. Область поширення молюсків у Чорному морі охоплює всю кисневу зону від супраліторалі (донацилу, мітілястер, гастроподи) до меж сірководневої зони (фазеоліну);

вони населяють всі види м'яких та твердих субстратів, що є у морі. Діапазон солонісної толерантності молюсків у морі надзвичайно широкий – від прісної води до гіперсолених умов 65 – 80‰ [61*].

Серед більш ніж 90 видів двостулкових молюсків широко поширена мідія (*Mytilus galloprovincialis*), що населяє різні донні біотопи від урізу води до глибин 55-60 м. якими харчується. Личинки мідії, як та інших двостулкових, ведуть планктонний спосіб життя. На піщаних і мулистопіщаних ґрунтах мешкають молюски венус (*Chamelea gallina*) і серцевидка (*Cerastoderma glaucum*). У зоні заплеску позазбрудненому крупнозернистому піску звичайна донацилла (*Donacilla cornea*). Найбільш глибоководний двостулковий молюск у Чорному морі - фазеолін (*Modiolus phaseolinus*), яка зустрічається на глибинах до 125 м [61*; 60].

Деякі двостулкові молюски ненавмисно занесені до Чорного моря в баластових водах суден та іншими шляхами. Такими є піщана мія (*Mya arenaria*) та кунеарка (*Cunearca comea*).

Для оцінки видового складу двостулкових молюсків я взяла дані дослідження популяцій Азовського науково-дослідного інституту рибного господарства, що проводилися в у Джарилгацькій затоці.

У Джарилгацькій затоці Чорного моря в 1993 р. було виявлено 32 види молюсків. Найбільшим видовим багатством відрізнялися двостулкові молюски (табл.). Їх представляли: *Abra alba* (W. Wood, 1802), *Abra nitida milachewichi* Neveeskaja, 1963, *Abra segmentum* (Récluz, 1843), *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789), *Chamelea gallina* (Linnaeus, 1,), *Gouldia minima* (Montagu, 1803), *Irus irus* (Linnaeus, 1758), *Lentidium mediterraneum* (OG Costa, 1830), *Loripes orbiculatus* Poli, 1791, *Lucinella divaricata* (Linnaeus, 1758) *Mya arenaria* Linnaeus, 1758, *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), *Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819, *Parvicardium exiguum* (Gmelin, 1791), *Parvicardium simile* (Milaschewitsch, 1909) і *Polit*.

Таблиця 3.5- Видове багатство, щільність видів та чисельність моллюсків у Джарилгацькій затоці Чорного моря у 1993 р.

Клас	Видове багатство	Щільність видів, вид/0,025м ²		Чисельність, екз./м ²	
		середнє	максималне	середнє	максималне
Polyplacophora	1			18,9±6,5	360
Gastropoda	13	1,41±0,12	4	453,0±83,0	3800
Bivalvia	18	2,76±0,21	8	283,0±34,0	1560

Найчастіше зустрічалися: *Ch. gallina* (зустрічається 37-49%), *G. adriatica* (18-29%), *M. lineatus* (51-63%), *M. galloprovincialis* (25-35%) та *P. aureus* (36-47%).

Брюхоногі моллюски за видовим багатством стояли на другому місці.

Таким чином, у видовому багатстві переважали двостулкові моллюски. На їхню частку припадало 56% популяції моллюсків у затоці, частка червононогих моллюсків була 41%. Але за чисельністю домінували червононогі моллюски. Їхня частка в загальній чисельності моллюсків у затоці в середньому дорівнювала 56–64%, тоді як у двостулкових моллюсків – 34–41%. Найбільш висока частка у чисельності червононогих моллюсків спостерігалася на піщаних ґрунтах, а двостулкових моллюсків – на черепашниках. На панцирних моллюсків припадало лише 3% видового багатства і 1,6–3,4% загальної чисельності моллюсків у затоці. Частка панцирних моллюсків загалом не перевищувала 45%. Така ситуація спостерігалася лише одного разу, у точці, де вони досягали максимуму своєї чисельності.

3.5. Оцінка антиоксидантних здібностей моллюсків *Pontocaspian* за умов закислення морської води

Наслідки закислення стосуються насамперед моллюсків, чий раковини утворені з вуглекислого кальцію. В результаті закислення слабшає їхня

здатність утворювати раковини. Через те, що ці види часто є основою харчових ланцюгів в океанах, такі серйозні наслідки можуть торкнутися морських тварин, а в майбутньому і людей [70*].

Стан антиоксидантного (АТ) комплексу та рівень перекисного окислення ліпідів (ПОЛ) у тканинах двостулкових молюсків *Pontocaspian* взаємопов'язані з особливостями їхньої життєдіяльності. Висока фільтраційна активність та постійний контакт з численними розчиненими у воді речовинами, ймовірно, сприяли формуванню у цієї групи організмів у ході еволюційного процесу ефективного АТ комплексу та збалансованого співвідношення його активності з рівнем ПОЛ у тканинах[62].

Тканини молюсків характеризуються високоефективними процесами мікосомального окиснення в ході НАД(Ф)Н-залежної генерації H_2O_2 при біотрансформації та детоксикації різних сполук. Це також можна розглядати як одну з причин зростання інтенсивності процесів ПОЛ у тканинах даних тварин.

Розглядаючи результати досліджень ряду авторів, можна зробити висновок, що двостулкові молюски мають також більш високу активність ферментів біотрансформації, робота яких пов'язана з АТ комплексом, – глутатіонтрансферази (ГТ), ДТ-діафори, цитохромів Р-450, етоксирезорурфін О-, металотіонеїнів та інших. Ці ферменти сприяють захисту АТ комплексу від окисної деструкції при знешкодженні ксенобіотиків.

Морські двостулкові молюски відрізняються і більшим, ніж у деяких морських риб, вмістом неферментативних низькомолекулярних речовин, що виявляють АТ властивості: каротиноїдів, вітамінів, амінокислот та ін.

Mytilus galloprovincialis Lam. – типовий представник двостулкових молюсків *Pontocaspian* у чорноморському регіоні. Утворює значні скупчення в прибережні акваторії Криму. Багато дослідників відзначають неоднорідність популяційної структури цього виду, виділяючи донні та скельні угруповання, зовнішнім проявом яких є колір раковини. Водночас наголошується, що між скельними та донними угрупованнями молюска існує низка функціональних

відмінностей у швидкості соматичного зростання, а також у швидкості утворення та міцності бісусних ниток тощо.

Виділяють дві основні колірні групи (морфи) - чорну (чорно-фіолетову), коричневу та ряд проміжних форм. Мідії чорної морфи мають чорно-фіолетове забарвлення стулок раковини, темно-фіолетовий, майже чорний мантийний край, темно-коричневий ногу і добре розвинене фарбування внутрішніх органів (темний зелено-коричневий гепатопанкреас, рожево-бежеві зябра) (рис. 3.4) [61].

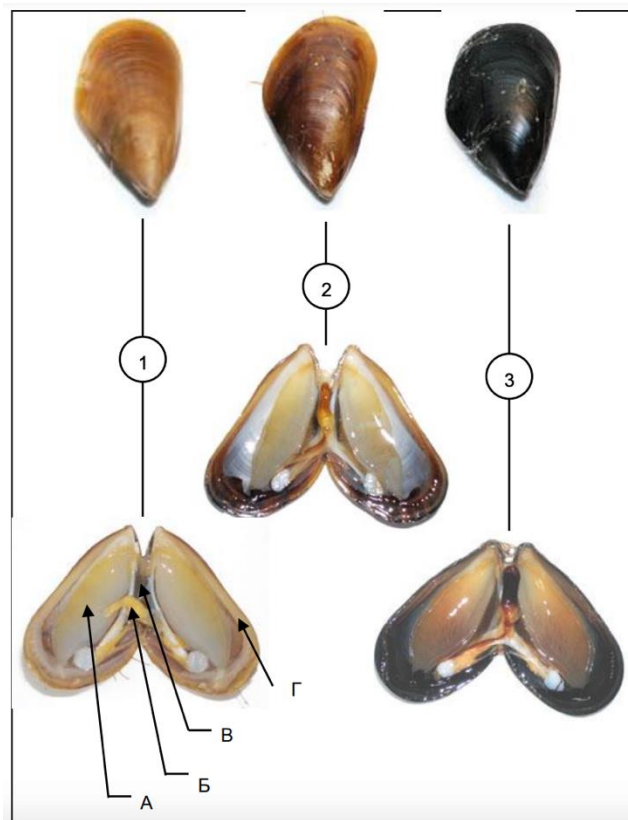


Рисунок 3.4- Зовнішній вигляд раковин та м'яких тканин мідії *M. galloprovincialis* Lam. (1 – мідії з депігментованими тканинами; 2 – коричнева морфа; 3 – чорна морфа; А – зябра, Б – нога, В – гепатопанкреас, Г – мантийний край)

Вміст ТБК-активних продуктів у особин чорної морфи в зябрах був найбільшим [61]. У порівнянні з гепатопанкреасом та ногою відмінності

склали 1,6 ($p \leq 0,01$) та 2,2 ($p \leq 0,001$) рази (табл. 3.6), тобто рівень окисних процесів у зябрах саме чорної мідії був максимальним.

Таблиця 3.6. Вміст ТБК-активних продуктів у тканинах мідій різних груп, мкмоль МДА · мг⁻¹ білка

Тканини	Група молюсків					
	Чорні		Коричневі		ДТ	
	n	$x \pm Sx$	n	$x \pm Sx$	n	$x \pm Sx$
ГЕП	19	883,2 ± 59,0*	15	1123,2 ± 223,0	9	1520,3 ± 148,3*
Зябри	19	1446 ± 133,9**	14	1412,2 ± 234,2	10	2819,3 ± 260,7**
Нога	15	648,9 ± 134,1	9	632,6 ± 180,6	12	607,3 ± 102,5

Найбільший рівень ТБК-активних продуктів у зябрах молюсків трьох груп вказує на максимальну інтенсивність окислювальних процесів у даному органі. Визначається підвищений рівень продуктів ПОЛ у зябрах молюсків різних видів. Цей стан може бути зумовлений такими причинами.[59]

1. Надходження кисню з морського середовища в організм молюсків відбувається переважно на рівні респіраторних поверхонь (зябра), які постійно контактують із значними обсягами води. Безперервна взаємодія клітин зябер з молекулярним киснем, розчиненим у морській воді, а також відсутність захисних структур в епітелії може пояснити високу окисне навантаження, яке відчуває даний орган. Звідси випливає, що функція газообміну є передумовою підвищеного фонового рівня окислювальних процесів.

2. На відміну від інших тканин, у зябрах молюсків постійно відбуваються процеси регенерації, пов'язані з руйнуванням та оновленням тканин. Це зумовлено постійним контактом зябер з навколишнім середовищем, а також виконанням ними не тільки функції газообміну, а й фільтрації.

3. На відміну від інших тканин епітелій зябри відчують на собі пряму дію ксенобіотиків. Найбільший рівень окисного навантаження в тканині зябер молюсків та їх максимальна чутливість до широкого спектру полютантів відзначені в роботах багатьох дослідників.

Серед причин, що лежать в основі посилення інтенсивності окислювальних процесів при впливі полютантів, вказують порушення структури та функцій мембран, інгібування низки АТ ферментів, окислення SH груп білків і низькомолекулярних тілових сполук, у тому числі GSH, цитотоксична дія ряду АФК [60], а також участь ПОЛ у формуванні неспецифічної адаптаційної відповіді на дію різних ксенобіотиків.

Звідси випливає, що максимальний рівень ПОЛ у зябрах мідій обумовлений як функціональною специфікою даного органу, так і високою чутливістю його до дії ряду ксенобіотиків [59].

Молюски *Pontocaspian* відповідають усім вимогам, що висуваються до організмів-біомоніторів. Вони активно використовують у діагностиці стану водного середовища, особливо представники роду *Mytilus*. Вважається, що контроль за станом АТ ферментного комплексу тканин молюсків-фільтраторів дозволяє побічно судити про якість морських акваторій та рівень закислення води.

3.6. Шляхи та заходи щодо мінімізації забруднення Чорного моря

Забруднення та евтрофікація є нестримними по всьому регіону в результаті великомасштабної промислової та сільськогосподарської діяльності в річкових системах басейну Чорного моря. Органічне забруднення та евтрофікація негативно впливають на молюсків *Pontocaspian* та види, чутливі до кисневого режиму. Теплове забруднення є локальною загрозою для Кучурганського лиману та нижньої течії Дніпра, одночасно впливаючи на спільноти *Pontocaspian* та створюючи сприятливі умови для чужорідних видів.

Вважається, що евтрофікація є причиною зникнення видів лімнокардіїну в багатьох озерах у районі дельти Дунаю, а також, негативно впливає на угруповання *Pontocaspian* в озері Сасик у північній частині дельти Дунаю, але забруднення рівні в системі Разіма-Сіное виявилися низькими.

Прямий вплив зміни клімату на спільноти *Pontocaspian* та середовища проживання можна зобразити на прикладі Чорного моря. Посилення літніх посух і пік повені роблять стік річок більш непередбачуваним. Під час тривалого літа річки можуть навіть перестати доставляти прісну воду до місць існування молюсків *Pontocaspian*, дане явище стосується територій Дністровського та Придніпровського районів, Тилігульського та Березанського лиманів [13].

Можна очікувати, що прогнозована зміна клімату з підвищенням температури, збільшенням періодичної посухи та дуже високим піковим стоком у водозбірних басейнах ще більше посилить нестабільність середовищ існування молюсків *Pontocaspian*. Крім того, прогнозоване підвищення рівня моря вплине на прибережні лагуни та естуарії.

Проаналізовані дослідження в даному підрозділі вказують на зменшення кількості видів молюсків *Pontocaspian* та їхніх спільнот у басейні Чорного моря. Однак, хоча падіння здається очевидним, його екологічні наслідки – ні. Здебільшого невідомо, якою мірою види, пов'язані з таксонами *Pontocaspian* (наприклад, їхні паразити чи хижаки), можуть постраждати від їхньої смерті.

Зменшення чисельності та очевидна фрагментація (та ізоляція) популяцій сама по собі є проблемою, але може спричинити генетичне виснаження, що також має бути ще однією причиною для занепокоєння. Дані про генетичне різноманіття видів *Pontocaspian* у Чорному морі є дефіцитними, і існує мало розуміння моделей і процесів генного потоку між популяціями, навіть якщо це може бути важливим визначальним фактором підтримки біорізноманіття молюсків *Pontocaspian*.

Першим кроком до ефективного збереження є вдосконалення наукових знань про біорізноманіття *Pontocaspian* на спільнотному, видовому та

генетичному рівнях і розуміння динаміки популяції та спільноти, а також розподілу видів та їх екологічної толерантності. Регулярні та стандартизовані зусилля зі збору та спостереження мають першорядне значення як основа для встановлення тенденцій[48].

Ці зусилля мають бути спільними між країнами, враховуючи транснаціональний характер видів і середовищ існування молюсків *Pontocaspian*. Крім того, потрібна вдосконалена таксономічна база з інтегрованих морфолого-генетичних досліджень, якщо обмежена кількість живих зразків дозволяє такі підходи. Такі дослідження мають виходити за межі видів молюсків *Pontocaspian* і включати інші групи безхребетних і таксонів хребетних.

Для багатьох важливих груп молюсків *Pontocaspian* не існує сучасного таксономічного огляду, і вони містять спірні види. Історичні дані про розповсюдження часто є неточними, а також ускладнюються невизначеністю в ідентифікації. Оновлена таксономія дозволить проводити цілеспрямовані дослідження аутоекологічної толерантності та реакції видів на порушення. Крім того, ризик зникнення видів слід оновлювати за допомогою оцінок МСОП, оскільки наразі для багатьох із відповідних таксонів бракує даних для проведення такого аналізу. Нові дані про молюсків *Pontocaspian*, види та спільноти дозволять більш всеохоплююче та вичерпне визначення середовищ існування *Pontocaspian* та їх включення до схем збереження.

По-друге, запропоновані нами оптимальні середовища проживання молюсків *Pontocaspian* повинні бути підтверджені з використанням кількісних даних про сучасні розміри популяції молюсків *Pontocaspian*, а також має бути виконано стандартизований аналіз загроз, наприклад, проведений *Lattuada et al.* для Каспійського моря та *Birstein et al.*. Аналіз загроз має бути зосереджений на чотирьох ділянках існування молюсків *Pontocaspian* в Чорному морі (Дельта Дунаю–система Разимського озера, Дністровський лиман, Дніпро–Південно-Бузький лиман), які містять цільові види та умови навколишнього середовища, які можуть і в деяких випадках сприяють

виживання спільнот *Pontocaspian*. Кількісних знань про розміри популяцій молюсків *Pontocaspian* бракує. Останнім кроком має бути оцінка деяких непрямих антропогенних факторів зміни біорізноманіття *Pontocaspian*, які спричиняють визначені прямі чинники зменшення, таких як інституційні механізми та правовий ландшафт, відповідно до Концептуальної основи IPBES.

Інституційне узгодження та обов'язки щодо збереження біорізноманіття *Pontocaspian* та управління ним вивчали такі вчені як Гогаладзе, Рейс та Весселінг, які показали, що ця біота не є пріоритетом для природоохоронного планування в Україні та Румунії. Необхідні майбутні дослідження, щоб зрозуміти правові механізми країн, які спільно використовують біорізноманіття молюсків *Pontocaspian*, і їхні результати для збереження.

На сьогоднішній день деякі частини оптимальних середовищ існування молюсків *Pontocaspian* охоплені національними та/або великими транснаціональними природоохоронними територіями, такими як біосферний заповідник Дельта Дунаю, який спільно використовують Україна та Румунія. Інші частини охоплені Смарагдовими об'єктами, об'єктами Натура 2000 та/або Рамсарськими об'єктами.

Охоплення оптимальних середовищ існування *Pontocaspian* заповідними територіями може забезпечити захист спільнот і видів *Pontocaspian*, але на сьогоднішній день не призвело до цілеспрямованого збереження. Корисним підходом може бути віднесення оптимальних середовищ існування молюсків *Pontocaspian* до категорії IV МСОП: середовища існування/зони управління видами. Категорії управління охоронюваними територіями МСОП забезпечують глобальну структуру для сортування різноманітних цілей управління охоронюваними територіями. Категорія IV спрямована на «підтримку, збереження та відновлення видів і середовищ існування».

Така категоризація може відбуватися на різних етапах створення природоохоронної території, наприклад, на початковій стадії: до встановлення природоохоронної території та прийняття рішення про категорію, або на

наступному етапі: після того, як охоронна територія вже встановлена та прийнято рішення про категорію, але метою управління є вирішення нових пріоритетів збереження. Управління та пом'якшення повного зменшення унікальної біоти *Pontocaspian* в Чорному морі вимагатиме тривалої відданості від різних зацікавлених сторін у країнах, що межують з Чорним морем.

Епізодичний викид великої кількості прісної води з водойм у річки живлення спричиняє сильне епізодичне освіження внутрішньої та середньої частин Дністровської системи. Це освіження різко посилює градієнт солоності та мінімізує області оптимальної солоності біоти *Pontocaspian*. Кучурганський лиман (частина Дністровського лиману, яка була відрізана дельтою річки, що розвивається) була перетворена на водойму-охолоджувач для електростанції і, таким чином, зазнала теплового забруднення.

Таким чином, ми можемо стверджувати що необхідно припинити викиди великої кількості прісної води в водойму.

На сьогоднішній день деякі частини оптимальних середовищ існування молюсків *Pontocaspian* охоплені національними та/або великими транснаціональними природоохоронними територіями, такими як біосферний заповідник Дельта Дунаю, який спільно використовують Україна та Румунія. Інші частини охоплені Смарагдовими об'єктами, об'єктами Натура 2000 та/або Рамсарськими об'єктами.

Охоплення оптимальних середовищ існування *Pontocaspian* заповідними територіями може забезпечити захист спільнот і видів *Pontocaspian*, але на сьогоднішній день не призвело до цілеспрямованого збереження. Корисним підходом може бути віднесення оптимальних середовищ існування молюсків *Pontocaspian* до категорії IV МСОП: середовища існування/зони управління видами. Категорії управління охоронюваними територіями МСОП забезпечують глобальну структуру для сортування різноманітних цілей управління охоронюваними територіями. Категорія IV спрямована на «підтримку, збереження та відновлення видів і середовищ існування».

Висновки до третього розділу

Встановлено, що у прибережній зоні Чорного моря закислення може варіювати за сезонами. Для Північно-західного узбережжя Чорного моря показано, що на протязі року значення кислотності води можуть коливатися у межах 7.37-8.58 під впливом фізико-хімічних явищ й більш інтенсивних біологічних процесів в прибережній зоні.

Факторами закислення виступають такі виявлені антропогенні причини:

- поглинання антропогенного вуглекислого газу із атмосфери;
- поглинання океаном дощової, метеорної води чи стоку, підкисленого різними антропогенними сполуками азоту, так званім реактивним азотом;
- абсорбція сполук сірки з копалин (нафта, вугілля, газ).

Визначено, що варіації рН поверхневого шару (0-30 м) морської води можуть сягати $\pm 0,8$ одиниць: від 7,4 до 8,7. Підраховано, що за останні роки досліджень у районі чорноморського узбережжя України середнє медіанне значення рН склало 8,5 одиниць, а розмах середньої сезонної мінливості величини рН у поверхневому шарі досягав 0,22 од. Максимальні значення рН навесні досягали 8,45-8,50, а влітку - 8,57 од. рН.

Встановлено кореляційний зв'язок ($r=0,41$) між зміною температури та рівнем рН морської води поблизу турецького узбережжя. Як відомо, при менших значеннях температури знижується поглинання CO_2 з атмосфери, що відображується на збільшенні рівня рН морської води.

Визначено, що максимальні величини річкового стоку у період із 1941 по 2000 рр. відзначаються з березня по червень та досягають 8590 м³/міс, а мінімальні – до 4446 м³/міс – у серпні - листопаді, при середній величині – 6541 м³/міс.

Підтверджено факт впливу об'ємів надходження прісної води на значення рН морської води. Так, у період між 1990 і 2004 роками річковий стік, атмосферні опади і загальний баланс прісної води мали тенденцію до

зростання, а між 2005 і 2014 роками ці характеристики значно зменшилися, особливо кількість опадів і загальний баланс прісної води. Це відповідним чином відобразилося на підвищенні рівня рН морської води.

Показано, що поширеними видами молюсків *Pontocaspian* є *M. colorata*, *T. fluviatilis* і *D. polymorpha*. Показано, що їх чисельність сильно знизилася за останні 15 років. При цьому усі три види лімнокордіїну, за винятком *Razim-Sinoe*, зареєстровані у 20 столітті, зникли в румунських озерах.

Популяційна структура та біотичні зв'язки різних видів молюсків *Pontocaspian*, їх конкурентна здатність, можливості відгуку на зміни абіотичних параметрів, наприклад зменшення концентрації кисню, збільшення температури середовища, закислення тощо, значною мірою визначаються їх адаптаційними потенціалами. Адаптаційний потенціал будь-якого виду складається з двох типів відгуку на зміни середовища – фізіологічна реакція в межах одного стійкого стану функціонування та «перемикання» в новий альтернативний стан стійкого функціонування, як правило, пов'язане зі змінами в експресії генів, що неминуче веде до динамічних змін популяції молюска, і що у свою чергу призводить до незворотних наслідків для екосистем.

При збільшенні судноплавних каналів та їх розширенні, зростанні скидання дренажних вод і вод очисних споруд у прибережну зону моря, відбуватиметься опріснення та замулювання донних ґрунтів, що також призводить до збільшення смертності молюсків *Pontocaspian*, зниження частини *galloprovincialis*-подібних мідій, що мають найбільші темпи зростання життя. Це призведе до зниження чисельності та біомаси молюсків, а також до зменшення їхнього відтворення. Якщо такі антропогенні навантаження розвиватимуться одночасно зі збільшенням рівня закислення морських вод та розширенням площі замору донних гідробіонтів, це може призвести до деградації біоти *Pontocaspian*.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

4.1. Убезпечення праці лаборанта у хімічній лабораторії

Всі види робіт, що виконує лаборант, виконуються відповідно до вимог цієї інструкції.

Лаборант має постійне робоче місце. Повинен виконувати такі види робіт:

- 1) Проводить складні аналізи розчинів, реактивів, допоміжних матеріалів за установленою методикою
- 2) Аналіз та перевірка складних титрів, складання складних реактивів та перевірка їх придатності
- 3) В приміщенні лабораторії аналіз синтезу за заданою методикою
- 4) Оформлення та розрахунок результатів аналізу
- 5) Збір лабораторних установок за схемами, які є
- 6) Проведення аналізів простої та середньої складності.

До роботи в умовах лабораторії допускаються особи, які: не молодше 18 річного віку, ті які за результатами медичного огляду не мають протипоказань, пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, в тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою, наданні першої допомоги потерпілим від нещасних випадків та правила поведінки при виникненні аварій.

Лаборант зобов'язаний:

- Вміти користуватись різноманітними засобами захисту (колективними та індивідуальними);
- Дотримуватись зобов'язань з охорони праці, що зазначені в договорі та в правилах внутрішнього трудового розпорядку, в тому числі: своєчасно розпочинати і закінчувати роботу;
- Не перебувати на роботі у позаробочий час без відповідного дозволу керівника.

У процесі роботи на працівника можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих чинників:

- Небезпечний вплив напруги електричної мережі, замикання якої може відбутись крізь тіло людини;
- Підвищена загазованість та запиленість повітря робочої зони;
- Підвищена та низька температура поверхні обладнання;
- Підвищена та низька температура повітря робочої зони;
- Підвищена та низька рухомість повітря;
- Недостатня освітленість робочої зони;
- Токсична дія шкідливих речовин на організм людини;
- Нервова та психічна перенапруга.

На роботах з шкідливим і небезпечними умовами праці а також роботах, пов'язаних із забрудненням, або які здійснюються у несприятливих температурних умовах, лаборанту видається спеціальний одяг, спеціальна взуття та інші засоби індивідуального захисту.

При проведенні робіт в умовах можливого впливу на людину агресивних хімічних речовин (кислот, лугів), повинен застосовуватись спецодяг, що виготовлявся з матеріалів, які забезпечують захист від цих впливів.

При виконанні своїх обов'язків лаборант зобов'язаний дотримуватись вимог санітарних норм.

Приступати до роботи лаборант має тільки у засобах індивідуального захисту.

Зберігати і приймати їжу тільки у відведених місцях.

Після роботи вимити забруднені частини тіла.

Перед початком роботи лаборант зобов'язаний перевірити та одягти засоби індивідуального захисту.

Включити систему припливно – витяжної вентиляції за 10-15 хвилин до початку роботи.

На робочому місці повинні бути тільки необхідні для виконання конкретної роботи реактиви, прилади та обладнання.

Лаборант перед роботою зобов'язаний перевіряти технічну справність приладу та обладнання.

Перед тим як проводити роботи з використанням вакууму треба перевірити обладнання на герметичність.

В разі виявлення несправності устаткування або засобів колективного або індивідуального захисту, необхідно доповісти про це керівникові робіт. Заборонено приступати до роботи поки несправності не будуть усунені.

Будь – які операції, що пов'язані із застосуванням або ймовірним утворенням отруйних, вибухонебезпечних, їдких речовин або таких, що мають різкий запах, проводяться тільки у витяжній шафі та з увімкненою газообмінною вентиляцією. При цьому обов'язкове використання засобів індивідуального захисту.

Якщо необхідно нагріти легкозаймисті та горючі речовини, для цього не використовують відкрите полум'я.

В разі необхідності використовують термостійкий та порцеляновий посуд для розведення й змішування рідин, що здатні виділяти тепло.

Під час нагрівання речовини в пробірці її спрямовують у протилежний від себе бік.

Під час взбовтування рідини в колбі або пробірці її закривають пробкою.

Працівник лабораторії повинен:

- Не залишати без нагляду запалений пальник або будь – які інші нагрівальні прилади;
- Заборонено зберігання речовин невідомого походження без етикетки та написів;
- Зливання відпрацьованих горючих рідин допускається лише у спеціальну тару.

Вимоги безпеки праці при роботі зі скляним посудом:

- Уважно слідкувати щоб характер виконуваної роботи співпадав із використовуваною маркою скла;
- Заборонене різке охолодження скляного посуду бо скляний посуд може тріснути;
- Заборонене використання скляного посуду в умовах підвищеного тиску;
- При нагріванні рідин необхідною умовою є доступ повітря до посуду;
- Під час закриття скляної тонкостінної посудини пробкою її слід підтримувати за верхню частину;
- Під час роботи із скляним посудом руки мають бути захищені.

Вимоги безпеки праці під час роботи з легкозаймистими та горючими речовинами:

- Робота з легкозаймистими та горючими речовинами повинна виконуватись лише у витяжній шафі, спеціалізованій для даного виду роботи, при ввімкненій вентиляції та вимкнених електроприладах й газових пальників;
- Горючі рідини нагрівають в невеликих кількостях на водяній бані при закритих електроплитах;
- легкозаймісті та горючі речовини переносяться у добре закритому посуді;
- легкозаймісті та горючі речовини зберігати можна лише у закритому скляному посуді із товстими стінками, потім цей скляний посуд зберігається в металевому ящику;
- в разі розливання легкозаймистих речовин їх необхідно засипати піском;
- нагрівання легкозаймистих та горючих речовин допускається виконувати тільки в обладнанні, що здатне забезпечити повну конденсацію утворюваної пари;

- посуд в якому виконувались досліди з легкозаймистими та горючими речовинами, одразу після досліду промити гарячою водою.

Вимоги безпеки праці під час роботи з отруйними речовинами:

- всі досліди з лугами та кислотами виконуються із використанням засобів індивідуального захисту;

- під час підготовки кислотного розчину допускається лише вливання кислоти в воду;

- розколювання великих шматків їдких лугів на більш дрібні проводиться під щільно накритою тканиною;

Вимоги безпеки праці при роботі з вакуумними системами:

- під час роботи з використанням вакууму слід користуватись захисними окулярами або маскою;

- вакуумна установка, яка є вибухонебезпечною, повинна бути екранована;

- заборонено нагрівати скляні частини працюючої вакуумної машини відкритим полум'ям;

- колби, що використовуються при роботі повинні бути круглдонні;

- проведення аналізів допускається лише на справному обладнанні. В разі виникнення несправності необхідно негайно повідомити керівництву;

- у випадку відключення електроенергії всі електроприлади відключаються від мережі;

Вимоги безпеки охорони праці під час охорони праці у витяжній шафі:

- необхідна наявність тяги для роботи й вона перевіряється перед початком роботи;

- під час роботи відчиняється лише те відділення витяжної шафи де буде вестись дослідження;

- зберігання легкозаймистих та горючих речовин здійснюється при працюючій припливно – витяжній вентиляції;

- в разі виявленої несправності в обладнанні зупиняється робота, вимикається все устаткування та доводиться до відома керівництва.

Висновки до четвертого розділу.

В результаті виконання даного розділу було встановлено. Що поліпшення охорони праці в організації досягається через виконання спеціальних заходів, які необхідні для досягнення встановлених нормативними документами показників безпеки, таких як: гігієни праці; гігієни виробничого середовища; підвищення наявного рівня охорони праці; запобігання випадкам виробничого травматизму; попередження професійного захворювання; запобігання виникнення аварій та пожеж.

ВИСНОВКИ

1. У дипломній роботі представлено дослідження зміни біологічного різноманіття екосистеми Чорного моря під антропогенним навантаженням, що призводять до зміни кислотності морської води. Досліджено зміни кількісного й видового складу двусторчатих молюсків *Pontocaspien* під впливом закислення морської води у районі Чорноморського шельфу, на що впливали зміни температури морської води, зміни об'ємів надходження прісних вод з річковим стоком, який антропогенно підкислений антропогенними сполуками хімічних поллютантів (азоту та ін.) тощо.

2. Визначено, що варіації рН поверхневого шару (0-30 м) морської води можуть сягати $\pm 0,8$ одиниць: від 7,4 до 8,7. Значення рН поверхні моря поблизу узбережжя Туреччини зменшилося на 0,07 і збільшилося на 0,104 між 1990-2004 і 2005-2014 відповідно.

3. Розраховано, що за останні роки досліджень у районі чорноморського узбережжя України середнє медіанне значення рН склало 8,5 одиниць, а розмах середньої сезонної мінливості величини рН у поверхневому шарі досягав 0,22 од. Максимальні значення рН навесні досягали 8,45-8,50, а влітку - 8,57 од. рН.

4. Встановлено кореляційний зв'язок ($r=0,41$) між зміною температури та рівнем рН морської води поблизу турецького узбережжя. Це невисоке значення коефіцієнту кореляції підтвердило факт, що кореляційний зв'язок потрібно будувати на багатofакторності впливів на рівень рН морської води, серед яких температура, об'єми надходження прісних вод (зазвичай підкислених), інтенсивності поглинання водою CO_2 тощо.

5. Підтверджено факт впливу об'ємів надходження прісної води на значення рН морської води. Так, у період між 1990 і 2004 роками річковий стік, атмосферні опади і загальний баланс прісної води мали тенденцію до зростання, а між 2005 і 2014 роками ці характеристики значно зменшилися,

особливо кількість опадів і загальний баланс прісної води, що відповідним чином відобразилося на рівні рН.

6. Показано, що поширеними видами молюсків *Pontocaspian* є *M. colorata*, *T. fluviatilis* і *D. polymorpha*. Показано, що їх чисельність сильно знизилася за останні 15 років. При цьому усі три види лімнокордиїну, за винятком *Razim-Sinoe*, зареєстровані у 20 столітті, зникли в румунських озерах.

7. Наслідки закислення стосуються насамперед молюсків, чиї раковини утворені з вуглекислого кальцію, бо в результаті закислення слабшає їхня здатність утворювати раковини. Через те, що морські двостулкові молюски *Pontocaspian* характеризуються наявністю більш високої активності ферментів біотрансформації, що сприяють захисту антиоксидантного комплексу від окисної деструкції при знешкодженні ксенобіотиків, то ці молюски відповідають усім вимогам, що висуваються до організмів-біомоніторів. Ці молюски, особливо представники роду *Mytilus*, можуть активно використовуватися у діагностиці стану водного середовища: контроль за станом АТ ферментного комплексу тканин молюсків-фільтраторів дозволяє оцінювати якість морських акваторій та рівень закислення води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Alexandrov, B., Boltachev, A., Kharchenko, T., Lyashenko, A., Son, M., Tsarenko, P., & Zhukinsky, V. (2007). Trends of aquatic alien species invasions in Ukraine. *Aquatic Invasions*, 2, 215– 242.
2. Alexenko, T. L., & Kucheryava, A. N. (2019). Osoblyvosti rozselennya moluskiv roda *Caspia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Pyrgulidae) u Dniprovsko-Buzkiy gyrloviy oblasti [Specificity of distribution of molluscs of the genus *Caspia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Pyrgulidae) in the Dnieper-Bug estuary area]. *Naukovi chytannya, prysvyacheni Dnyu nauky. Ecologichni Doslidzhennya Dnirovsko-Buzkogo Rehionu*, 12, 28– 33.
3. Alexenko, T. L., & Shevchenko, I. V. (2016). Strukturno-funkcionalni osoblyvosti formuvannya ugrupovan donnykh bezkhrebetnykh rusla Nyzhnoho Dnipra v suchasnykh umovakh [Structural-functional characteristics of formation of communities of the bottom invertebrates of the Lower Dnieper riverbed in modern conditions]. *Naukovi chytannya, prysvyacheni Dnyu nauky. Ecologichni Doslidzhennya Dnirovsko-Buzkogo Rehionu*, 9, 45– 50.
4. Alexenko, T. L., & Starobogatov, Y. I. (1987). Vidy *Caspia* i *Turricaspia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Pyrgulidae) Azovo-Chernomorskogo basseyna [Species of *Caspia* and *Turricaspia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Pyrgulidae) of the Azov-Black Sea basin]. *Vestnik Zoologii*, 21, 32– 38.
5. Andrussov, N. (1897). Fossil and living *Dreissensidae* of Eurasia. *Trudy Sankt-Peterburgskogo obschestva estestvoispytatelej. Otdel Geologii I Mineralogii*, 25, 1– 683.
6. Angelov, A. (2000). *Mollusca (Gastropoda et Bivalvia) aquae dulcis, catalogus Faunae Bulgaicae* (pp. 54). Pensoft & Backhuys Publ.
7. Anistratenko, O. Y., Starobogatov, Y. I., & Anistratenko, V. V. (1999). Mollusks of the genus *Theodoxus* (Gastropoda, Pectinibranchia, Neritidae) from the Black and the Azov seas basin. *Vestnik Zoologii*, 33, 11– 19.

8. Anistratenko, V. V. (1996). Bryukhonogiye mollyuski Chernomorskogo biosfernogo zapovednika [Gastropod Mollusks of the Black Sea Biosphere Nature Reserve]. *Vestnik Zoologii*, 1(2), 9– 15.

9. Anistratenko, V. V. (2007a). Finding of the extremely rare hydrobiid *Caspia logvinenkoi* (Mollusca: Gastropoda) in the estuary of the River Don and its zoogeographical significance. *Mollusca*, 25, 23– 26.

10. Anistratenko, V. V. (2008). Evolutionary trends and relationships in hydrobiids (Mollusca, Caenogastropoda) of the Azov-Black Sea Basin in the light of their comparative morphology and paleozoogeography. *Zoosystematics and Evolution*, 84, 129– 142. <https://doi.org/10.1002/zoos.200800001>

11. Anistratenko, V. V., & Anistratenko, O. Y. (2018). New finds of “Red Data Book” molluscs of the Ponto-Caspian biogeographic complex. Materials to the Fourth Edition of the Red Data Book of Ukraine, Animal World (vol. 1, pp. 19– 20). *Conservation Biology in Ukraine*.

12. Anistratenko, V. V., Anistratenko, O. Y., & Khaliman, I. A. (2014). Conchological variability of *Anadara inaequalis* (Bivalvia, Arcidae) in the Black-Azov sea basin. *Vestnik Zoologii*, 48, 457– 466.

13. Anistratenko, V. V., & Khaliman, I. A. (2006). Bivalve Mollusc *Anadara inaequalis* (Bivalvia, Arcidae) in the Northern Part of the Sea of Azov: Completion of Colonization of the Azov-Black Sea Basin. *Vestnik Zoologii*, 40, 505– 511.

14. Anistratenko, V. V., Sitnikova, T. Y., Kijashko, P. V., Vinarski, M. V., & Anistratenko, O. Y. (2020). A review of species of the genus *Theodoxus* (Gastropoda: Neritidae) of the Ponto-Caspian region, with considerations on available type materials. *Ruthenica*, 30, 115– 134.

15. Anistratenko, V. V., Zettler, M. L., & Anistratenko, O. Y. (2017). On the taxonomic relationship between *Theodoxus pallasi* and *T. astrachanicus* (Gastropoda: Neritidae) from the Ponto-Caspian region. *Archiv Für Molluskenkunde International Journal of Malacology*, 146, 213– 226.

16. Atlas, E. (2019). The Black Sea and the Sea of Azov. In series: Ecological Atlases of the Russian Seas. Moscow, “NIR” Foundation, 464, [in Russian].
17. Audzijonyte, A., Baltrūnaitė, L., Väinölä, R., & Arbačiauskas, K. (2017). Human-mediated lineage admixture in an expanding Ponto-Caspian crustacean species *Paramysis lacustris* created a novel genetic stock that now occupies European waters. *Biological Invasions*, 19, 2443– 2457. <https://doi.org/10.1007/s10530-017-1454-9>
18. Audzijonyte, A., Daneliya, M. E., Muge, N., & Väinölä, R. (2008). Phylogeny of *Paramysis* (Crustacea: Mysida) and the origin of Ponto-Caspian endemic diversity: Resolving power from nuclear protein-coding genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 46, 738– 759.
19. Bepalaya, Y. V., Bolotov, I. N., Aksenova, O. V., Kondakov, A. V., Gofarov, M. Y., Laenko, T. M., Sokolova, S. E., Shevchenko, A. R., & Travina, O. V. (2018). Aliens are moving to the Arctic frontiers: An integrative approach reveals selective expansion of androgenic hybrid *Corbicula* lineages towards the North of Russia. *Biological Invasions*, 20, 2227– 2243. <https://doi.org/10.1007/s10530-018-1698->
20. Bepalov, A. (2005). Landshaftnoye rayonirovaniye Azovskogo morya s primeneniyyem elementov GIS-tekhnologiy [Landscape zoning of the Sea of Azov using elements of GIS technology]. Rostov State University. PhD thesis.
21. Bij de Vaate, A., Jazdzewski, K., Ketelaars, H. A. M., Gollasch, S., & Van der Velde, G. (2002). Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1159– 1174.
22. Boeters, H. D., Glöer, P., Georgiev, D., & Dedov, I. (2015). A new species of *Caspia* Clessin et W. Dybowski, 1887 (Gastropoda: Truncatelloidea: Hydrobiidae) in the Danube of Bulgaria. *Folia Malacologica*, 23, 177– 186. <https://doi.org/10.12657/folmal.023.014>

23. Borcea, I. (1926a). Faune survivante de type caspien dans le liman d'eau douce de Roumanie. Note Préliminaire. *Analele Stiintifice ale Universitatii din Iasi*, 13(3—4), 207–232.
24. Borcea, I. (1926b). Quelques remarques sur les Adacnides et principalement sur les Adacnides des Lacs Razelm. *Analele Stiintifice ale Universitatii din Iasi*, 13(3-4), 449–485.
25. Cardoso, P., Erwin, T. L., Borges, P. A., & New, T. R. (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation*, 144, 2647–2655.
26. Catianis, I., Secrieru, D., Pojar, I., Grosu, D., Scriciu, A., Pavel, A. B., & Vasiliu, D. (2018). Water quality, sediment characteristics and benthic status of the Razim-Sinoie lagoon system, Romania. *Open Geosciences*, 10, 12–33.
27. Crespo, D., Dolbeth, M., Leston, S., Sousa, R., & Pardal, M. Â. (2015). Distribution of *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) in the invaded range: A geographic approach with notes on species traits variability. *Biological Invasions*, 17, 2087–2101. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0862-y>
28. *vincialis* as a bioindicator of microbiological pollution of coastal waters: A study conducted in the Salento peninsula (Italy). *Journal of Coastal Research*, vol. 24, no. 1, pp. 216–221. <https://doi.org/10.2112/05-0463.1>
29. Díaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., Larigauderie, A., Adhikari, J. R., Arico, S., & Báldi, A. (2015). The IPBES Conceptual Framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1–16.
30. Dotsenko, S. F., & Ivanov, V. A. (2010). Natural disasters in Azov-Black Sea Region (p. 174). National Academy of Sciences of Ukraine, Marine Hydrophysical Institute.
31. Dubinina, V., & Zhukova, S. (2016). Otsenka vozmozhnykh posledstviï stroitel'stva Bagaevskogo gidrouzla dlya ekosistemy Nizhnego Dona [Assessment of the possible consequences of the construction of the Bagayevskiy waterworks facility for the Lower Don ecosystem]. *Rybnoye Khozyaystvo [fisheries]*, 4, 20–30..

32. Dudley, N. (2008). Guidelines for applying protected area management categories. IUCN.
33. Yunev O.A., Carstensen J., Moncheva S. [et al.]. Nutrient and phytoplankton trends on the western Black Sea shelf in response to cultural eutrophication and climate changes // *Estuar. Coas. Shelf Sci.* 2007. 74. P. 63–76.
34. Genov, I., & Peychev, V. (2001). Holocene sediments from West part of Black Sea. *Works of the Institute of Oceanology, Varna*, 3, 29–42.
35. Gogaladze, A., Raes, N., Biesmeijer, J. C., Ionescu, C., Pavel, A. B., Son, M. O., Gozak, N., Anistratenko, V., & Wesselingh, F. P. (2020). Social network analysis and the implications for Pontocaspian biodiversity conservation in Romania and Ukraine: A comparative study. *PLoS One*, 15(10).
36. Gogaladze, A., Wesselingh, F. P., Biesmeijer, K., Anistratenko, V., Gozak, N., Son, M. O., & Raes, N. (2020). Using social network analysis to assess the Pontocaspian biodiversity conservation capacity in Ukraine. *Ecology and Society*, 25(2).
37. Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Riseborough, R.W., Robertson, W., Schneider, E., Gamble, E., 1978. The mussel watch. *Environmental Conservation* 5, 101–126.
38. Goldberg, E.D., 1975. The mussel watch – a first step in global marine monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 6, 111
39. Golikov, A. N., & Starobogatov, Y. I. (1966). Ponto-kaspiyskiye bryukhonogiye mollyuski v Azovo-Chernomorskom bassejne [Ponto-Caspian gastropods in the Azov and Black Seas Basin]. *Zoologicheskii Zhurnal*, 45, 352–362.
40. Golikov, A. N., & Starobogatov, Y. I. (1972). Klass Bryukhonogiye Mollyuski – Gastropoda Cuvier, 1797 (Mollusca-Gastropoda). *Opredelitel' Fauny Chernogo I Azovskogo Morey* [identification Key to the Fauna of the Black and Azov Seas, Free Living Invertebrates: Arthropoda (besides Crustacea), Mollusca, Echinodermata, Chaetognatha, Chordata], 3, 65–166.

41. Grinbart, S. B. (1953b). K izucheniyu zoobentosa Tiligul'skogo limana i ego kormovykh resursov [On the study of zoobenthos of the Tiligul estuary, and its feeding resources] (pp. 85–106). Odessa University.
42. Grinbart, S. B. (1955). Materials for studying the zoobenthos of the Berezan Liman. Trudy Odesskogo Gosudarstvennogo Universiteta Im. I. I. Mechnikova. Ser. Biol., 145, 3–180.
43. Grossu, A. V. 1956. Fauna Republicii Populare Romîne. Mollusca, 3 (2). Gastropoda, Prosobranchia si Opisthobranchia. Academiei Republicii Populare Romine.
44. Grossu, A. V. (1962). Fauna Republicii Populare Romîne Molusca. Editura Academiei Republicii Populare Romîne, București, 3, 426.
45. Grossu, A. V. (1973). Les Limnocardiides actuelles du bassin Ponto-Caspique. Informations de la Société belge Belge de malacologie Malacologie.
46. Hubenov, Z. (2001). Corbiculidae: A new family to the Bulgarian recent Malacofauna (Mollusca: Bivalvia). Acta Zoologica Bulgarica, 53, 61–66.
47. Kotta, J., Futter, M., Kaasik, A. et al. (2019) Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. Science of The Total Environment, vol. 709, article 136144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136144>
48. Lee, R.F., 1985. Metabolism of tributyltin oxide by crabs, oysters and fish. Marine Environmental Research 17, 145–148.
49. Legierse, K.C.H.M., Sijm, D.T.H.M, van Leeuwen, C.J., Seinen, W., Hermens, J.L.M., 1998. Bioconcentration kinetics of chlorobenzenes and the organophosphorus pesticide chlorthion in the pond snail *Lymnaea stagnalis* – a comparison with the guppy *Poecilia reticulata*. Aquatic Toxicology 41, 301–323.
50. Pisarev, S. (2016). Двустворчатые моллюски акватории национального природного парка «Меотида» (Азовское море, Донецкая область, Украина). Науковий вісник Ужгородського університету, 92-95.

51. State of the Environment of the Black Sea (2001 – 2006/7) [Text] // Edited by Temel Oguz. Publications of the Commission on the Protection of the Black Sea Against Pollution 2008-3 (BSC). Istanbul: 2008. 448 p.

52. Wenning R.J., Di Giulio R.T. The effect of paraquat on microsomal oxygen reduction and antioxidant defenses in ribbed mussels (*Geukensia demissa*) and wedge clams (*Rangia cuneata*) // *Mar. Environ. Res.* – 1988б. – 24, N 1–4. – P. 301–305.

53. Winston G.W., Di Giulio R.T. Prooxidant and antioxidant mechanisms in aquatic organisms // *Aquat. Toxicol.* – 1991. – 19. – P. 137–161.

54. World Register of Marine Species / [G.A. Boxshall, J. Mees, M.J. Costello, F. Hernandez etc.]. – 2016. Режим доступа: <http://www.marinespecies.org>.

55. Боровинский А.Г. Влияние концентрации кислорода в морской воде на интенсивность дыхания черноморских мидий // *Моллюски, результаты и перспективы их исследований.* – 1987. – № 8. – С. 272–273.

56. Головина И.В. Влияние неблагоприятных факторов среды на активность ферментов в тканях черноморских моллюсков // *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-та. Сер.: Біологія.* – 2005. – № 4(27). – С. 46–47.

57. Зайцев Ю.П., Гаркавая Г.П., Нестерова Д.А., Полищук Л.Н. Дунай – основной источник звторфирования Черного моря // *Гидробиол. журн.* 1989. Т. 25, вин. 4. С. 21–23.

58. Зайцев Ю.П., Гаркавая Г.П., Нестерова Д.А., Полищук Л.Н., Цокур А.Г. Современное состояние экосистемы Черного моря // *Современное состояние Черного моря.* М.: Наука. 1987. С. 216–230.

59. Заика, В.Е. Митилиды Черного моря / В.Е. Заика, Н.А. Валовая, А.С. Повчун, Н.М. Ревков. К.: Наук. думка, 1990. - 207 с.

60. Меньшикова Е.Б., Зенков Н.К. Антиоксиданты и ингибиторы радикальных окислительных процессов // *Успехи соврем. биол.* – 1993. – 113, № 4. С. 442–455.

61. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / под ред. 115 Ю.П. Зайцева, Б.Г. Александрова, Г.Г. Миничевой. Киев: Наукова думка, 2006. 701 с

62. Темердашев, З. А., Елецкий, И. Ю., Каунова, А. А. и др. (2017) Определение тяжелых металлов в мидии *Mytilus galloprovincialis* Lamarck методом ИСП-АЭС. Аналитика и контроль, т. 21, No 2, с. 116–124. <https://doi.org/10.15826/analitika.2017.21.2.009>

63. Челябинина, Н. С., Попов, М. А. (2018a) Сравнительная характеристика экологического состояния акваторий в районах размещения марихозяйств (Севастополь, Черное море). Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия, No 2, с. 148–156.

64. Челябинина, Н. С., Попов, М. А. (2018b) Сравнительный анализ морфометрических характеристик мидии *Mytilus galloprovincialis*, из различных районов обитания (Крым, Черное море). Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация, No 2, с. 264–269.

65. Шульман, Г. Е., Nikolsky, V. N., Yunev, O. A., Yuneva, T. V., Shcherkina, A. M., Bat, L., ... & Yardim, Ö. (2011). Present condition of small pelagic fishes in the Black Sea. *Journal of Applied Biological Sciences*, 5(2), 85-87.

66. ООН (2017). Воздействие изменения климата и связанных с ним атмосферных изменений на океан. Технические тезисы первой Глобальной комплексной оценки состояния морской среды. <https://www.un.org/regularprocess/sites/www.un.org.regularprocess/files/17-05753-r-impacts-of-climate-change.pdf>

67. Black Sea Scene – 2011. Режим доступа: <http://www.scene.bsnn.org/>