

ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНОГО ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Тучковенко Ю.С. – д.геогр.н., с.н.с., Богатова Ю.І. – к.геогр.н., с.н.с., Гаркуша О.П. – к.б.н.,
Мартинюк М.О. – д.ф., Дядичко В.Г. – к.б.н., Варігін О.Ю. – д.б.н., с.н.с.,
Бушуєв С.Г. – к.б.н., Демченко В.О. – д.б.н., с.д.

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»
tuch2001@ukr.net

У статті надана характеристика гідроекологічного режиму Хаджибейського лиману на основі результатів аналізу гідрологічних, гідрохімічних та гідробіологічних даних, отриманих під час польових досліджень 2021–2024 рр., та архівних даних. Польові дослідження виконувались на 13 прибережних станціях від верхів'я лиману (с. Шеметове) до його нижньої частини (с. Усатове). Упродовж зазначеного періоду виконаний аналіз мінливості гідрологічних і гідрохімічних характеристик лиманних вод, а також біотичних компонент екосистеми: фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, іхтіофауни. Визначені зміни складників прісного водного балансу лиману, які відбувались.

Встановлено, що особливості зазначеного періоду визначались насамперед припиненням надходження до лиману зворотних вод зі станції біологічного очищення стічних вод міста Одеси «Північна». У сукупності з посушливими метеорологічними умовами це призвело до зниження середньорічного рівня води в лимані на 1 м. Вказані наслідки цього для екосистеми лиману: погіршення якості води внаслідок підвищення концентрації мінеральних форм біогенних речовин до значень, які постійно значно перевищували гранично допустимі значення для водойм рибогосподарського призначення; підвищення ролі масообміну з донними відкладами у формуванні гідроекологічних умов у лимані; збільшення біомаси фітопланктону у 2023–2024 рр.; стабільне зменшення чисельності і біомаси зоопланктону; погіршення умов для виживання та розвитку молоді піленгасу як головного промислового об'єкта водойми; збільшення середньої для акваторії солоності води з 5,93 до 7,35‰, що не відповідає умовам істотного розмноження прісноводних видів риб – товстолобиків (*Hypophthalmichthys molitrix*, *H. nobilis*), амура білого (*Ctenopharyngodon idella*), коропа звичайного (*Cyprinus carpio*), карася сріблястого (*Carassius gibelio*), але не перешкоджає їх успішному нагулу і набору маси у разі штучного зариблення; сприяння виникненню масштабних задух внаслідок дефіциту розчиненого у воді кисню, загибель риб, креветок та інших гідробіонтів.

Відзначено, що через відсутність стоку річки Свинна та штучно обмеженого водообміну з основною частиною лиману якість води у водоймах Паліївської затоки значно гірша, ніж у лимані. Зокрема, солоність води в жовтні 2024 року досягала 107‰. Для покращення гідроекологічних умов у водоймах затоки рекомендовано поліпшити їх водообмін з прилеглою частиною Хаджибейського лиману шляхом розчищення і періодичного відкриття шандорів, каналів у греблях, зменшення відміток порогів у них, забезпечення своєчасного і регулярного їх обслуговування.

Ключові слова: Хаджибейський лиман, вплив чинників, гідрологічний, гідрохімічний режими, гідробіологічні показники, фітопланктон, зоопланктон, зообентос, іхтіофауна, рибопродуктивність.

Вступ

Хаджибейський лиман є непроточною, закритою водоймою, яка утворилась у результаті затоплення морем гирлової частини долини річки Малий Куяльник з наступним відділенням її від моря піщаним пересипом. Водойма витягнута у північно-західному напрямку уздовж нормалі до берегової лінії моря. Південне узбережжя лиману знаходиться поблизу північної межі м. Одеси (Старушенко та Бушуєв 2001).

Довжина лиману становить 40 км, ширина – 0,5–3,5 км. Від моря лиман відділений пересипом шириною 4,5 км і довжиною 5 км. За відмітки рівня води в лимані +1,5 м БС (метрів Балтійської Системи висот) площа його водного дзеркала становить 114 км², об'єм води дорівнює 729 млн м³, середня глибина – 6,4 м, максимальна – до 17 м (у районі між Холодною та Великою балками). Площа водозбору Хаджибейського лиману становить 2,7 тис. км². У лиман впадають річки Малий Куяльник та Свинна

з площами водозбору 1540 км² та 772 км² відповідно (Тучковенко та Козлов 2017).

Хаджибейський лиман входить до складу Одеської міської агломерації та упродовж багатьох років використовується як водойма-приймач частково очищених господарсько-побутових стічних вод міста Одеси зі станції біологічного очищення «Північна» (СБО «Північна») та неочищених змішаних зливових і каналізаційних, дренажних скидних вод, які надходять з полів фільтрації міста Одеси та через канали, балки з населених пунктів, ферм, господарств на водозборі лиману.

Оцінка складників водного балансу Хаджибейського лиману у XXI ст., вплив на них природних і антропогенних чинників, викликані їх зміною коливання рівня води, отримані і проаналізовані в низці робіт (Гопченко, Шакирзанова 2011; Тучковенко, Козлов 2017; Тучковенко, Хохлов та Лобода 2022).

Водний режим Хаджибейського лиману визначається як природними, так і антропогенними чинниками. До числа природних чинників належать: об'єми стоку річок Малий Куяльник та Свинна, кількість атмосферних опадів, які випадають на водне дзеркало лиману, та об'єми випаровування з нього. Антропогенними чинниками, які значною мірою визначають мінливість рівня води в лимані, є надходження зворотних, частково очищених вод стічних вод м. Одеси зі СБО «Північна», а також дренажних вод від насосних станцій їх перекачки в лиман ДНС № 4, 5 та з каналізаційних очисних споруд (КОС) «НАП» (с. Нерубайське Біляївського району) (Тучковенко, Козлов 2017).

У разі безперервного протягом декількох років надходження до лиману зворотних вод зі СБО «Північна» рівень води в лимані зростає до критичних позначок (вище 2,0 м БС), за яких виникає загроза прориву дамби та затоплення значної частини території м. Одеси, прилеглої до лиману, площею 23 км², на якій проживають близько 30 тис. жителів міста та розташовані десятки підприємств. Такі ситуації виникали, наприклад, у 1969 (підвищення рівня до позначки +2,21 м БС), 2003 (до +2,38 м БС), 2018 (до +2,1 м БС) роках (Тучковенко 2023). Водночас в роки, коли скид зворотних вод зі СБО «Північна» здійснювався протягом року тільки в Одеську затоку, а не в Хаджибейський лиман рівень води в лимані знижувався зі швидкістю 0,2–0,4 м·рік⁻¹ (Тучковенко, Козлов 2017).

На початку 1970-х років за проектом інституту «УкрПівдендінводгосп» для Хаджибейського лиману був встановлений розрахунковий горизонт щорічного спрацювання водойми перед весняним водопіллям, тобто підтримання нормального підпертого рівня (НПР) на рівні мінус 0,5 м БС, а максимальний рівень води в ньому обмежений відміткою +1,57 м БС (за умови функціонування системи

скиду лиманних вод у море, яка зараз не працює) (Гопченко, Шакирзанова 2011; Шакирзанова 2015).

Через багаторічне надходження до лиману великих обсягів прісних стічних та скидних вод солоність води в ньому знизилась з 35 г·дм⁻³ на початку 1950-х років до 11 г·дм⁻³ у середині 1980-х років і близько до 5–6 г·дм⁻³ на початку 2000-х років (Богатова, Секундяк, Кирсанова 2017).

Оскільки Хаджибейський лиман натепер не має істотного зв'язку з морем і є закритою, непроточною водоймою, то якість води в ньому визначається багаторічним надходженням не досить очищених стічних вод міста Одеси зі СБО «Північна» (Тучковенко, Сапко та Тучковенко 2020; Тучковенко 2023). Вода і донні відклади лиману забруднені органічними і мінеральними біогенними речовинами, важкими металами (Гуменюк 2015; Богатова, Секундяк, Кирсанова 2017; Дятлов, Кошелев та Запорожець 2017). Через забруднення запаси лікувальних грязей лиману більше непридатні для використання. Влітку в лимані щорічно спостерігається цвітіння синьо-зелених водоростей та виникнення «задух» через нестачу у воді розчиненого кисню і, як наслідок, масові замори риби, загибель креветок та інших гідробіонтів. За свідченням органів санітарно-епідеміологічного нагляду лиман не рекомендується для використання у рекреаційних цілях.

У відповідності до «Методики встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України» (2001) за гідрохімічними показниками води південної частини лиману в теплий період року характеризуються як забруднені і евтрофні (Богатова, Секундяк, Кирсанова 2017). Екосистему лиману можна характеризувати як нестабільну – вона не збалансована за вмістом мінеральних речовин азоту та фосфору, що беруть участь у створенні нової органічної речовини. В лимані постійно відзначають надлишок речовин фосфору, який надходить з не досить очищеними комунальними стоками, і нестачу мінеральних речовин азоту.

Фітопланктон Хаджибейського лиману не вивчався системно. За більше ніж 20 років у лимані було зареєстровано 39 видів мікроводоростей. Виявлено підвищення кількості видів у напрямку від північної до південної частини водойми, домінуючими групами були зелені та діатомові водорості (Беленкова 2000).

Систематичні дослідження зообентосу Хаджибейського лиману розпочалися у середині минулого сторіччя. Зі зміною солоності вод лиману змінювалася кількість видів донних безхребетних, що мешкають у ньому. Так, у 40-х роках минулого сторіччя у лимані було зафіксовано 11 таксонів макрзообентосу, а до кінця 50-х років – 23. У 70–80-ті роки

в бентосі лиману було виявлено 36 видів безхребетних. На початку ХХІ ст. у Хаджибейському лимані зафіксовано 10 таксонів макрозообентосу (Варігін 2024).

Оскільки лиман у сучасному стані є штучно створеною водоймою-накопичувачем у ложі колишнього солоного (гіперсолоного) лиману, склад його іхтіофауни неодноразово змінювався залежно від осолонення або опріснення водойми під антропогенним впливом. На початку 1980-х р. сталася загибель практично всіх морських солонуватоводних промислових об'єктів. З пониженням солоності до 4–6‰ у лимані з'явилися карась сріблястий *Carassius gibelio*, окунь звичайний *Perca fluviatilis*, плітка звичайна *Rutilus rutilus*, що проникли сюди зі ставків, розташованих у долині р. Малий Куяльник. З цього моменту в лимані замість збідненого морського іхтіокомплексу почав формуватися солонуватоводно-прісноводний. Значні коливання солоності води в Хаджибейському лимані зумовили формування специфічного іхтіокомплексу, який має відносно недавню історію, та представлений евригалінними або мезогалінними видами риб. «Аборигенною» іхтіофауною водойми є види, що мешкають у лимані найбільш тривалий час – близько сторіччя. Це є виключно представники родини Бичкові (Gobiidae). Решта видів риб потрапили у водойму із суміжних акваторій (окунь звичайний, судак звичайний *Sander lucioperca*, карась сріблястий), що заселили лиман близько 35 років тому в умовах зниження солоності, або були штучно інтродуковані до водойми (рослиноїдні товстолоби *Hypophthalmichthys molitrix*, *H. nobilis*, амур білий *Stenopharyngodon idella*, короп європейський *Cyprinus carpio* (в 1980-і р.), піленгас *Planiliza haematocheilus* (наприкінці 1990-х років). Останніми роками піленгас у Хаджибейському лимані створив унікальну ізольовану чисельну популяцію, що успішно відтворюється в умовах низької для цього виду солоності води (Старушенко та Бушуєв 2001; Снігірьов та Бушуєв 2015).

Рибогосподарське використання водних біоресурсів лиману здійснюється в умовах антропогенної евтрофікації, коли висока біологічна продуктивність екосистеми поєднується з її значним розбалансуванням. Створення гіперпродукції автохтонної органічної речовини, яка надалі осідає на дно, в умовах сповільненої гідродинаміки призводить до утворення застійних зон з гіпоксією. Щорічні спалахи розвитку синьо-зелених водоростей та деструкція їхньої відмерлої біомаси створює умови для регулярних явищ задухи, що негативно відображається не лише на стані кормової бази риб, а й періодично призводить до їхньої масової загибелі.

Останніми роками внаслідок сукупного впливу кліматичних змін і наслідків воєнних дій, через які був змінений режим водогосподарського вико-

ристання водойми та формування його водного балансу, особливу актуальність набуло питання визначення змін у характеристиках сучасного гідроекологічного стану Хаджибейського лиману.

Метою цієї роботи є оцінка змін сучасного гідроекологічного стану Хаджибейського лиману на основі даних про його абіотичні та біологічні характеристики за умови змін обсягів надходження частково очищених господарсько-побутових стічних вод міста Одеси.

Матеріали та методи досліджень

Гідрологічні показники. У роботі використані дані стаціонарних гідрологічних спостережень за мінливістю рівня води в Хаджибейському лимані, виконані на водомірному посту у с. Усатове, що знаходиться на дамбі лиману. Архівні дані щодо мінливості характеристик гідрологічного режиму лиману та, зокрема, його Паліївської затоки наприкінці минулого сторіччя – у першому десятиріччі ХХІ ст., були взяті з науково-технічних звітів Одеського державного екологічного університету (Оцінка наповнення Хаджибейського лиману ... 2009; Водний баланс Хаджибейського лиману... 2011; Оцінка гідроекологічного стану... 2011). Також використовувались дані з літературних джерел (Гопченко, Шакирзанова 2011; Шакирзанова 2015; Тучковенко, Козлов 2017; Тучковенко, Хохлов, Любода 2022; Тучковенко, 2023).

Гідрохімічні показники. Відбір проб води для визначення гідрохімічних та гідробіологічних параметрів проводився в акваторії Хаджибейського лиману упродовж 2021–2024 рр. на 13 станціях (рис. 1), що розташовані вздовж узбережжя лиману на глибині 0,5 м. Відбір проб води і визначення гідрохімічних характеристик проводили згідно з прийнятими міжнародними методиками для морських вод з використанням повіреного вимірювального обладнання. В 2021–2024 рр. було зібрано й оброблено 51 пробу. Також використовувались дані досліджень за попередні роки (2016–2017 рр.) (Богацова, Секундяк, Кирсанова 2017; Дятлов, Кошелев та Запорожець 2017).

Фітопланктон. Дослідження фітопланктону проводили восени 2021, навесні 2021, 2023, 2024 та в літній період 2022 років. Всього зібрано та опрацьовано 48 проб. Проби об'ємом 1 л фіксували 40% нейтралізованим формаліном, а потім згущували осадовим методом, доводячи об'єм фільтрату до 25–60 мл (Нестерова 1988; Moncheva and Parr 2010). Клітини фітопланктону рахували у краплі фільтрату об'ємом 0,05 мл. Біомасу мікроводоростей визначали підрахунком «істинних» об'ємів клітин (Брянцева, Лях, Сергеева 2005). Для ідентифікації мікроводоростей використовували визначники (Ветрова 1986; Коваленко 2009; Царенко 1990; Hoppenrath, Elbrachter

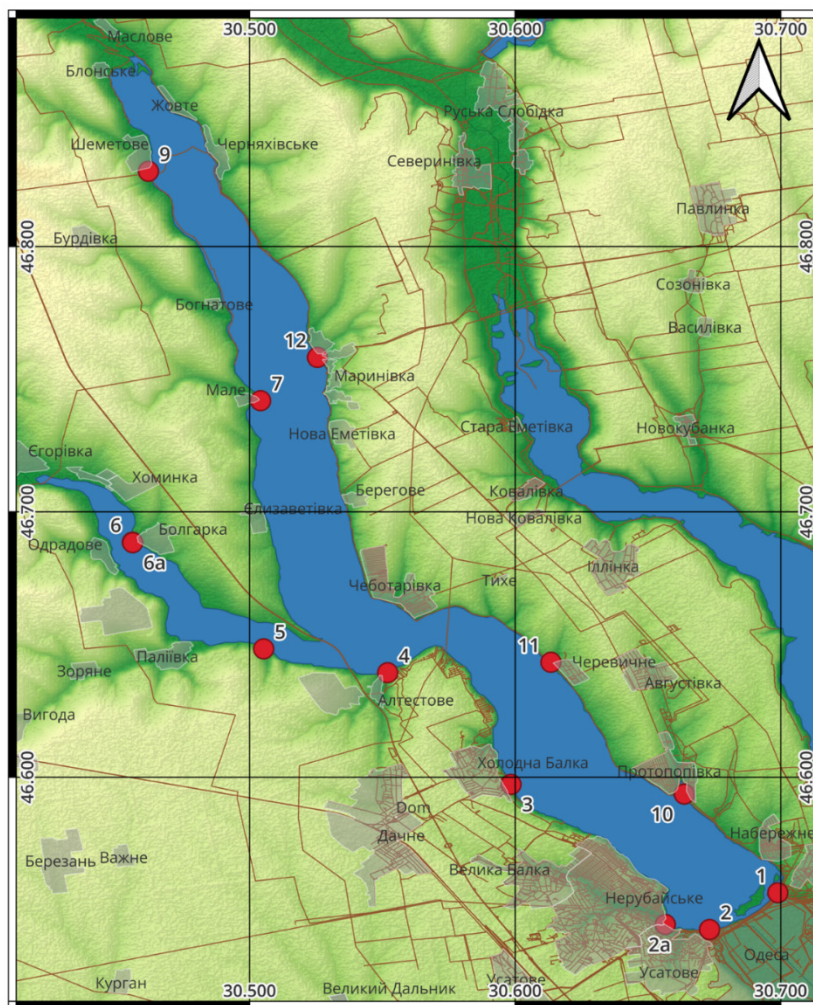


Рис. 1. Карта-схема станцій відбору проб

and Drebes 2009). Номенклатурні назви мікроводоростей наводяться згідно зі зведеннями (Algae of Ukraine 2006, 2009, 2011; WoRMS 2024).

Зоопланктон. Впродовж 2021–2024 рр. було відібрано 48 проб води для визначення зоопланктону. Визначення чисельності та біомаси зоопланктону проводилось за стандартними методиками (Методические ... 1984).

Зообентос. Матеріалом для дослідження були проби макрозообентосу, які зібрані в Хаджибейському лимані в 2021–2024 рр. Проби збирали щорічно у весняний (травень) та осінній (вересень) періоди на 13 постійних станціях, розташованих рівномірно по всій акваторії лиману (рис. 1). Всього було зібрано й оброблено 50 проб макрозообентосу. Зібраний матеріал оброблявся за стандартними методами (Митропольский, Мордухай-Болтовской 1975; Бубнова, Холикова 1980; Володкович 1980).

Рибопродуктивність. Дані щодо стану іхтіофауни збиралися в рамках співпраці з місцевими рибалками в період 2002–2018 рр. Для цього

досліджувалися їх улови та аналізувалися обсяги вилучення. Річні улови аналізували за даними офіційної статистики. Українські та латинські назви риб надані за Ю.К. Куцоконь та Ю.В. Квачем (2012).

Результати та їх обговорення

Гідрологічні умови. Оцінки складників водного балансу Хаджибейського лиману у XXI сторіччі, які визначають зміни рівня води у водоймі (Тучковенко, Козлов 2017; Тучковенко, Хохлов, Лобода 2022) показують, що у сучасних кліматичних умовах дефіцит прісного водного балансу Хаджибейського лиману, який виникає через перевищення втрат води на випаровування з поверхні лиману над її надходженням з атмосферними опадами, річковим стоком (р. Малий Куяльник, р. Свинна) з водозбірного басейну лиману, становить 36–41 млн м³·рік⁻¹. Якщо прийняти, що площа водної поверхні лиману у середньому за рік дорівнює 114 км² (зарівня води +1,5 м БС), то вказаний дефіцит прісного водного балансу буде призводити до зменшення рівня води в лимані на 0,31–0,36 м·рік⁻¹. В цих умовах чинником, який доз-

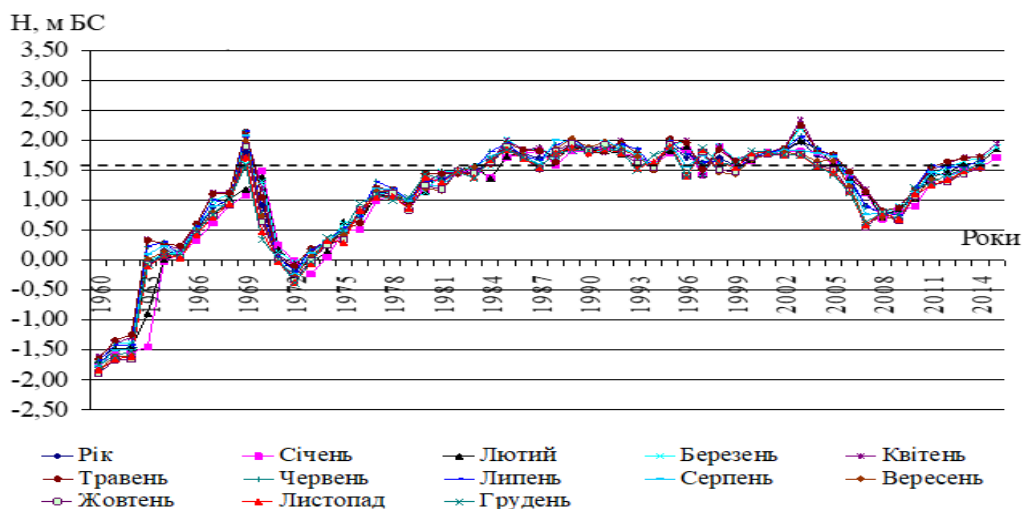


Рис. 2. Хронологічний хід середніх за місяці та річних рівнів води в Хаджибейському лимані (за даними водопосту «Усатове») до 2015 року (Шакірянкова 2015)

воляє запобігти обмілюванню лиману та регулювати коливання рівня води в ньому в межах встановлених відміток, є обсяги надходження зворотних вод зі СБО «Північна».

В останні десятиріччя об'єми надходження зворотних вод зі СБО «Північна» до морського середовища (Хаджибейського лиману або Одеської затоки) постійно скорочуються (Тучковенко, Козлов 2017; Тучковенко 2023), що пов'язано зі зменшенням споживання води населенням і промисловістю, скороченням чисельності населення останніми роками, значним підвищенням вартості води для споживачів. Так, за інформацією ТОВ «ІНФОКС» філії «Інфоксводоканал», у 2000 році цей об'єм становив близько 95 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$, у 2009 р. – 76,2 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$, у 2014–2015 рр. – близько 54,8 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$ (Тучковенко, Козлов 2017), 2018–2021 рр. – у середньому 48,16 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$, 2022–2024 рр. – 42,9 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$. Отже, останніми роками максимальні обсяги можливого надходження до лиману зворотних вод СБО «Північна» наблизились до значень дефіциту прісного водного балансу Хаджибейського лиману. В 2011–2014 та 2016–2021 рр. скиди здійснювались виключно до лиману, що неодноразово призводило до підвищення рівня води в ньому до критичних позначок і сприяло розмиву дамби, яка відокремлює лиман від прилеглої частини міста Одеси (Тучковенко 2023).

Для того щоб запобігти виникненню міжрічної тенденції підвищення рівня води в Хаджибейському лимані, яка виникає за рахунок скиду зворотних вод СБО «Північна» в лиман, обсяги цього скиду не повинні перевищувати вказаний вище річний дефіцит прісного водного балансу. Беручи до уваги оцінки складників водного балансу лиману (Тучко-

венко, Козлов 2017) і зважаючи на те, що середній місячний об'єм надходження зворотних вод від СБО «Північна» в період 2022–2024 рр., за інформацією ТОВ «ІНФОКС», дорівнював 3,7 млн. м^3 , а додаткове надходження в лиман дренажних вод через ДНС № 4, 5 за попередніми експертними оцінками зменшилось до 5 млн $\text{м}^3 \cdot \text{рік}^{-1}$, скид у лиман зворотних вод СБО має тривати 9–10 місяців на рік.

У разі припинення скиду зворотних вод зі СБО «Північна» в лиман на тривалий час, яке запроваджувалось у попередні десятиріччя для запобігання підвищенню рівня води в ньому до критичних позначок і руйнуванню дамби, що відокремлює лиман від прилеглої частини міста Одеси, рівень води в лимані помітно зменшувався. Так, наприклад, у результаті припинення надходження зворотних вод зі СБО «Північна» до лиману в 2005–2007 рр. рівень води в ньому зменшився майже на 1 м (рис. 2).

Така ж ситуація склалася у 2022–2023 рр., коли для забезпечення техногенної безпеки міста в умовах війни за розпорядженням Одеської обласної військової адміністрації від 04.03.2022 року № 63/А-2022 філія «Інфоксводоканал» припинила скид частково очищених стічних вод до Хаджибейського лиману і відновила скид у Чорне море.

Відновлення скиду зворотних вод СБО «Північна» в лиман відбулося у червні–липні 2023 року. Як видно з рисунку 3, на якому показана мінливість рівня води в Хаджибейському лимані за даними водомірного посту «Усатове», рівень води в лимані із середини березня до кінця листопада 2022 року впав на 0,65 м, оскільки рік був вкрай посушливим з малою кількістю атмосферних опадів – 0,19–0,28 $\text{м} \cdot \text{рік}^{-1}$, за даними спостережень різних метеорологічних станцій

Одеси, за норми $0,435 \text{ м} \cdot \text{рік}^{-1}$ (<https://omr.gov.ua/ru/projects/923>). Упродовж 2023 року (до листопада) рівень знизився ще на $0,35 \text{ м}$ і став нижче $1,0 \text{ м БС}$. У 2024 році річний цикл коливань рівня води в лимані стабілізувався в межах $0,90\text{--}1,28 \text{ м БС}$.

Оцінки зміни площі водного дзеркала і об'єму вод лиману, отримані із використанням встановлених раніше залежностей від рівня води у водоймі (Гопченко, Шакирзанова 2011; Оцінка наповнення Хаджибейського лиману..., 2009), свідчать про їх зменшення з березня 2022 р. до листопада 2023 р. на 5 км^2 (4%) і 120 млн м^3 (19%) відповідно.

Суттєве зменшення рівня води в Хаджибейському лимані (на 1 м) та об'єму його вод відбувається внаслідок інтенсивного випаровування з вод-

ної поверхні лиману. За інших незмінних умов це призводить до збільшення концентрації домішок різної природи (солей, забруднювальних, біогенних речовин) у товщі води, оскільки вода випаровується, а домішки залишаються у воді. Окрім того, збільшується внесок масообміну з донними відкладами у формування мінливості концентрації вказаних речовин у товщі води (Тучковенко 2023). Зокрема, з рисунку 4 видно, що солоність води в лимані підвищилась з $5,93$ до $7,35\text{‰}$, незважаючи на відновлення скиду зворотних вод зі СБО «Північна» у Хаджибейський лиман з червня 2023 року.

Вказана верхня межа солоності близька до граничного значення для нормального розвитку ікри коропа, карася та інших прісноводних видів риби, а

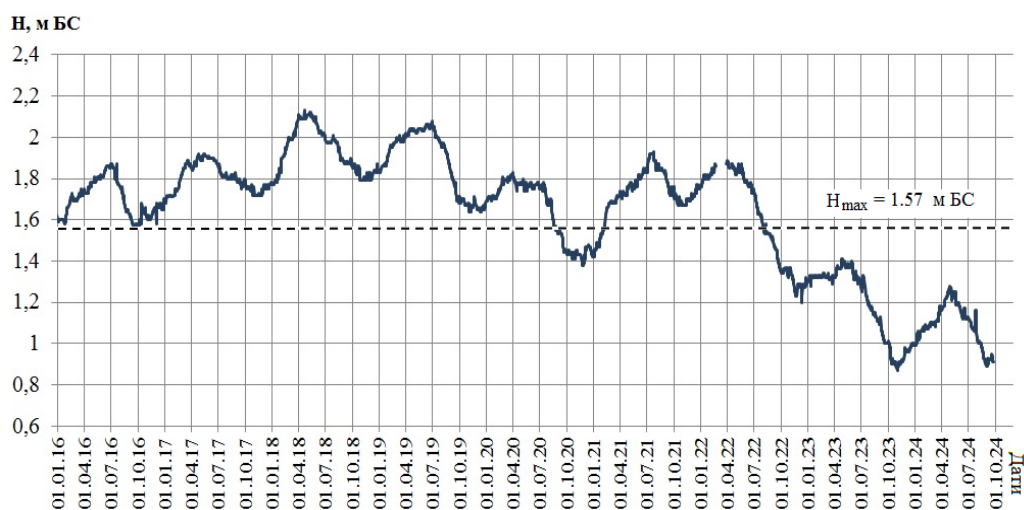


Рис. 3. Динаміка рівня води в Хаджибейському лимані (м БС) упродовж 2016–2024 рр. за даними водомірного посту «Усатове»

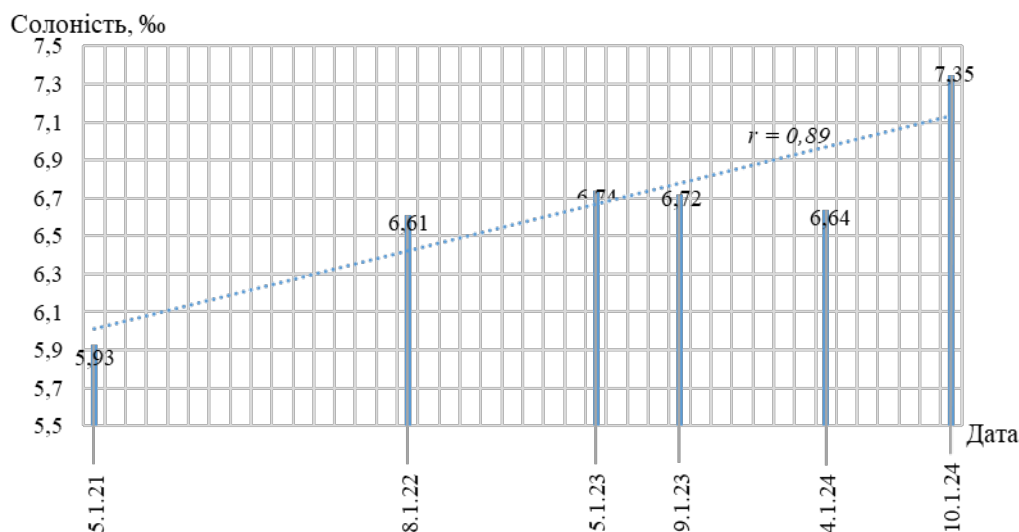


Рис. 4. Динаміка солоності вод у Хаджибейському лимані (без врахування значень у Паліївській затоці) за даними вимірів

ефективний нерест піленгасу за такої солоності взагалі неможливий.

Особливий гідроекологічний режим порівняно з основною частиною лиману має Паліївська затока, що пов'язано з повною відсутністю стоку р. Свинна, у гирловій частині якої сформувалась свого часу затока, та недостатнім водообміном штучних водойм (ШВ), розташованих у Паліївській затоці (рис. 5), з лиманом і між собою. Гідравліко-морфометричні та гідроекологічні характеристики цих водойм загальною чисельністю до 5 (деякі можуть висихати) були визначені в результаті досліджень фахівців Одеського державного екологічного університету, виконаних у 2011 році (Оцінка гідроекологічного стану... 2011). Відсутність надходження стоку р. Свинна в лиман у сучасний період є наслідком змін клімату, які відбуваються, та масштабних водогосподарських перетворень на водозбірні річки (насамперед перехоплення стоку штучними ставками, копанями, водосховищем). Обмежений водообмін штучних водойм з відкритою частиною Паліївської затоки і прилеглою акваторією лиману зумовлений наявністю гребель з отворами (шандорами), які відокремлюють водойми одна від одної.

Також слід звернути увагу на такі особливості (Оцінка гідроекологічного стану... 2011) водообміну між штучними водоймами затоки і прилеглою частиною лиману. Водопропускна споруда в дамбі між Паліївською затокою та штучною рибогосподарською

ської водоймою (ШВ-1) на ділянці між с. Паліївка і с. Алтестове (рис. 5) має відмітку дна отворів водовипусків у середньому 1,0 м БС. Тобто за рівня води в лимані менше вказаного значення водообмін між відкритою частиною Паліївської затоки (яка вільно сполучається з лиманом) і штучними водоймами припиняється. Внаслідок цього і інтенсивного випаровування з водної поверхні об'єм води в ізолюваних штучних водоймах буде зменшуватись, а солоність води, як і концентрації забруднюючих речовин, – значно збільшуватись.

За даними вимірювань, виконаних у 2024 році, солоність води в районі дамби, яка відділяє ШВ-1 і ШВ-2 (в районі с. Болгарка), влітку перевищувала 56‰, а на початку жовтня підвищилась до 107‰. Пропускна здатність отворів у шандорах і каналів у греблях може значно зменшуватись у результаті їх захаращення залишками рослинності, сміттям, що навіть у разі рівнів води в лимані, більших за порогове значення (1,0 м БС), зменшує водообмін між водоймами і лиманом.

Отже, для наближення якості вод у штучних водоймах Паліївської затоки до притаманної прилеглої частині Хаджибейського лиману необхідно здійснити заходи, які будуть сприяти інтенсифікації водообміну між ними: розчищення і періодичне відкриття шандорів, каналів у греблях, зменшення відміток порогів у них та ін.

Гідрохімічний режим. За результатами моніторингу якості вод Хаджибейського лиману,

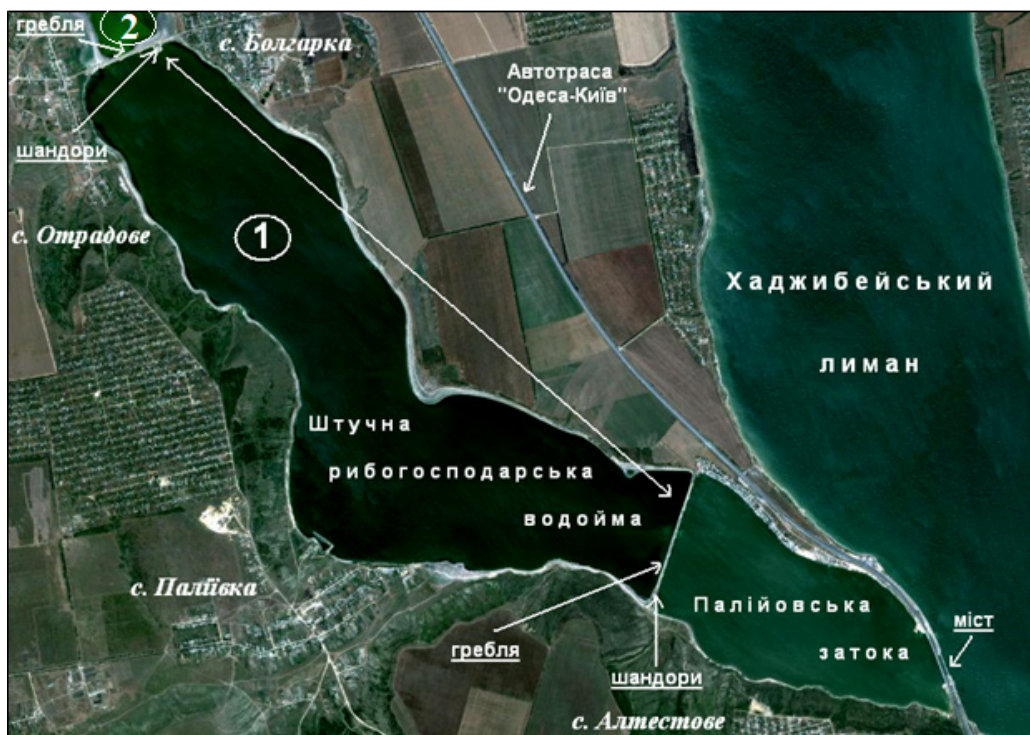


Рис. 5. Схема Паліївської затоки Хаджибейського лиману з розташованими на її акваторії штучно відокремленими водоймами (№ 1, 2) (Оцінка гідроекологічного стану... 2011)

проведеного у 2016–2017 і 2023–2024 рр., були визначені діапазони мінливості концентрацій основних мінеральних форм біогенних речовин стосовно значень гранично допустимих концентрацій (ГДК) для водойм рибогосподарського призначення (Методичні рекомендації... 2023) (табл. 1).

Таблиця 1
Концентрації біогенних речовин та перевищення ними значень ГДК у воді прибережної зони Хаджибейського лиману в 2016–2017 та 2023–2024 рр.

Показник	Діапазон		
	Липень 2016–2017 рр.	Травень 2023 р.	Жовтень 2024 р.
Азот амонійний	< ГДК-1,5	$\frac{< \text{ГДК}-3,4}{2,2}$	$\frac{2,2-5,5}{3,9}$
Нітрити	< ГДК	< ГДК	$\frac{4,1-6,4}{5,5}$
Фосфати	$\frac{< \text{ГДК}-2,3}{3,5}$	$\frac{0,9-8,6}{3,5}$	$\frac{1,3-2,6}{1,8}$

Примітка. У чисельнику – діапазон значень, у знаменнику – середнє значення.

Концентрація біогенних речовин у водах лиману в 2016–2017 рр. була нижчою, ніж у 2023–2024 рр. Максимальне перевищення ГДК для обох меж діапазону мінливості спостерігалось у жовтні 2024 року. Цьому можна надати таке пояснення.

У 2016–2017 рр. об'єм скиду зворотних вод СБО «Північна» в лиман був близький до 55 млн м³·рік⁻¹ за середньорічного рівня води в лимані 1,75 м БС. Як зазначалося раніше, скид зворотних вод у лиман був припинений з березня 2022 р. до червня 2023 р., а в 2024 році – здійснювався протягом усього року у загальному обсязі 44,26 млн м³·рік⁻¹ за середньорічного рівня води в лимані 1,09 м БС.

Високий вміст біогенних речовин у водах лиману в 2024 році можна пояснити зменшенням об'єму вод, з яким змішуються зворотні води (ступеня початкового розведення) і підвищенням внеску у формування їх концентрацій масообміну з донними відкладами лиману. Однак з урахуванням того, що в травні 2023 року концентрації біогенних речо-

вин за відсутності надходження зворотних вод до лиману також були вищими, ніж у 2016–2017 рр., можна припустити, що другий з відзначених вище процесів відіграє більш значущу роль.

Оцінки потоків азоту і фосфору, які надходили зі зворотними водами СБО «Північна» до Хаджибейського лиману останніми роками, предсталені в таблиці 2. У разі безперервного скиду зворотних вод у лиман упродовж року (2018–2021 рр.) щороку до нього надходило 560–610 т мінерального азоту і близько 50 т мінерального фосфору. Для порівняння за рахунок відведення зворотних вод до моря у 2023 році в лиман надійшло тільки 114 т азоту і 10 т фосфору.

Донні відклади Хаджибейського лиману складаються з черепашки, піску, мула, каменів та глини, а на глибинах понад 2 м залягають сірий та чорний мул, який місцями містить сірководень. Ці відклади накопичили значну кількість органічної речовини алохтонного (надходять до лиману з теригенним стоком і зворотними водами СБО «Північна») та автохтонного (відмерлого фіто- та зоопланктону, бентосних організмів) походження, яка в результаті мінералізації перетворюється на мінеральні речовини азоту і фосфору. Порові розчини донних відкладів лиману (вода в інтерстиціальному просторі ґрунту) містить більше ніж на порядок мінеральних та органічних речовин, ніж його водна товща (Богатова, Секундяк, Кирсанова 2017). На межі «вода-дно» в лимані відбуваються обмінні процеси в результаті дифузії біогенних речовин із порових розчинів у придонний шар водоймища, які посилюються у разі розвитку гіпоксії. Дослідження порових розчинів донних відкладів Хаджибейського лиману в зоні випуску СБО «Північна» в липні 2016 року показало, що чорні мули із запахом сірководню містять надвисокі концентрації NH_4^+ – 0,776 мгN·дм⁻³, PO_4^{3-} і $\text{P}_{\text{орг}}$ – 1,45 мгP·дм⁻³ і 1,732 мгP·дм⁻³ відповідно.

Надлишок біогенних речовин, що потрапляє у замкнуту екосистему лиману, не виводиться з неї, а накопичується в донних відкладах, які навіть за відсутності зовнішніх джерел постачання речовин азоту та фосфору залишаються постійним потужним джерелом вторинного евтрофування екосис-

Таблиця 2
Щорічне надходження мінеральних форм біогенних елементів (N, P) до Хаджибейського лиману

Біогенні речовини	Концентрація, мгN·дм ⁻³ , мгP·дм ⁻³	Потік біогенних елементів (N, P), тЧ	Концентрація, мгN·дм ⁻³ , мгP·дм ⁻³	Потік біогенних елементів (N, P), тЧ		
				2022 р.	2023 р.	2024 р.
Період	2018–2021 рр.		2022–2024 рр.			
Азот-амонійний	5,16	248,51	4,81	43,05	102,16	212,89
Нітрити	0,82	39,49	0,77	6,89	16,35	34,08
Нітрати	6,68	321,71	7,14	63,90	151,65	316,02
Фосфати	1,09	52,49	1,12	10,02	23,79	49,57

теми лиману. В південній частині лиману донні відклади здатні чинити гостру токсичну дію (Дятлов, Кошелев та Запорожець 2017).

Зменшення рівня води в лимані сприяє підвищенню впливу донних відкладів на кисневий режим водойми у сторону його погіршення, особливо в теплу пору року.

Фітопланктон. У 2006 році «цвітіння» води з чисельністю до $24 \cdot 10^6$ кл. $\cdot$ л $^{-1}$ у Паліївській затоці Хаджибейського лиману викликала ціанопрокаріота *Microcystis aeruginosa* разом із зеленими мікроводоростями (Адобовский и др. 2006). Ця сама ціанопрокаріота у літній період 2016 року становила 70% чисельності та біомаси фітопланктону лиману (Garkusha 2022). Навесні 2019 року у лимані спостерігалось «цвітіння» води ціанопрокаріотою *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagn. et Komárek (Terenko and Hushchyna 2021).

У 2021–2023 рр. зареєстроване «цвітіння» ціанопрокаріоти *Planktothrix agardhii* (Gomont) Anagnostidis & Komarek, 1988 на всій акваторії лиману. Загалом, максимальне значення чисельності фітопланктону відзначалось у 2021 році ($15,7 \cdot 10^6$ кл. $\cdot$ дм $^{-3}$), а біомаси – у 2016 році ($98445,8$ мг. $\cdot$ м $^{-3}$). При цьому найвища біомаса спостерігалась в 2024 році за рахунок збільшення середнього об'єму клітин мікроводоростей. Найвищі значення кількісних показників фітопланктону відзначені у середній частині та верхів'ї лиману. Загалом для лиману останніми роками характерні значні зміни таксономічної структури, чисельності та біомаси фітопланктону (Дядічко, Харитонов та Гаркуша 2024).

Загалом, «цвітіння» ціанопрокаріоти *P. agardhii* в лимані тривало і у 2024 році, інтенсивність трималась на одному рівні (рис. 6). У 2021–2024 рр. *P. agardhii* розвивалась на всій аква-

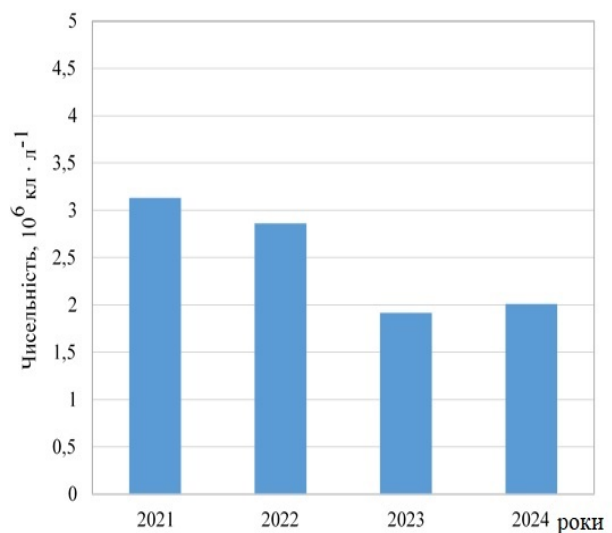


Рис. 6. Середня чисельність *P. agardhii* в Хаджибейському лимані у 2021–2024 рр.

торії Хаджибейського лиману, досягаючи рівня «цвітіння» (окрім ст. 6, Паліївська затока), з максимумом $6 \cdot 10^6$ кл. $\cdot$ дм $^{-1}$ та біомасою $14,571 \cdot 10^3$ мг. $\cdot$ м $^{-3}$ у вересні 2021 року.

Максимальна чисельність фітопланктону відзначена у 2021 році $15,687 \cdot 10^6$ кл. $\cdot$ дм $^{-1}$, мінімальна – $4,317 \cdot 10^6$ кл. $\cdot$ дм $^{-1}$ у 2023 році (рис. 7).

Зоопланктон. У 2021–2024 рр. у зоопланктоні Хаджибейського лиману зареєстровані представники 23 таксонів. Найбагатший таксономічний склад відзначено в 2023 році, але суттєвої міжрічної динаміки його таксономічного складу не відзначено. Всі зареєстровані організми належать до кормового для риб зоопланктону. Найбільшою кількістю таксонів представлені *Rotifera*, *Cladocera* та *Copepoda*. За винятком одамбованої частини Паліївської затоки

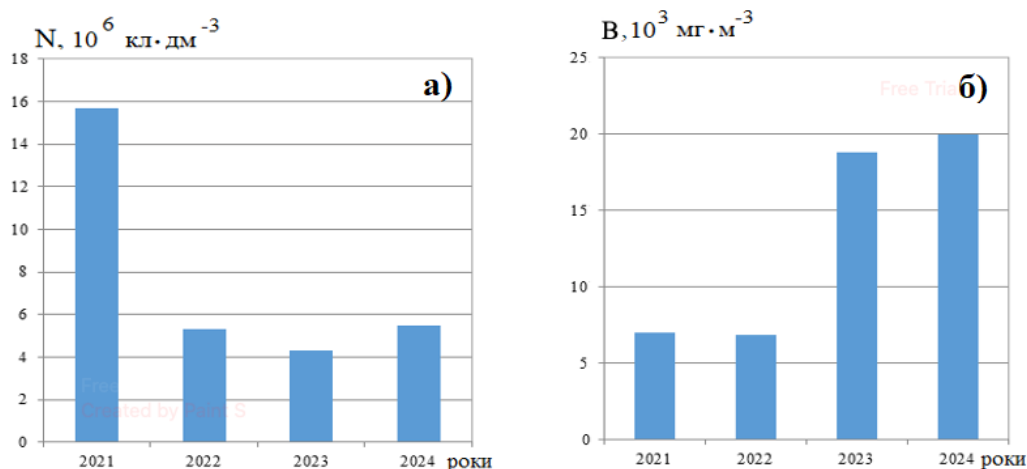


Рис. 7. Середньорічна чисельність (а) і біомаса (б) фітопланктону Хаджибейського лиману в 2021–2024 рр.

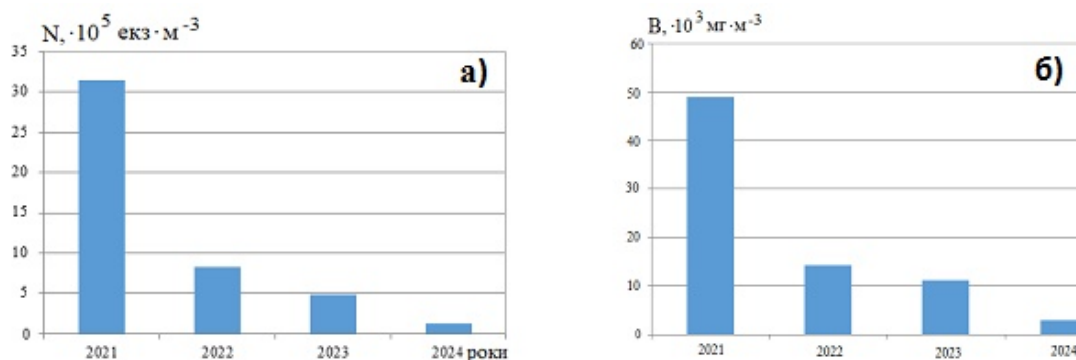


Рис. 8. Середньорічна чисельність (а) та біомаса (б) зоопланктону Хаджибейського лиману в 2021–2024 рр.

в лимані переважають прісноводні та олігогалінні зоопланктери.

Найбільші значення чисельності та біомаси зоопланктону Хаджибейського лиману відзначені в 2021 році ($3141541 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-3}$ та $48971,1 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ відповідно), найменші – в 2024 році ($119724 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-3}$ та $2998,6 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$ відповідно) (рис. 8).

Середньорічні значення біомаси могли відрізнятися у декілька разів, але структура домінування в угрупованні не змінювалась. На сучасному етапі спостерігаються більш високі значення біомаси (приблизно в 4 рази) зоопланктону, ніж у період до 2016 року. Разом із тим від 2021 до 2024 року біомаса зоопланктону постійно зменшувалась, скоріш за все, внаслідок заморних явищ, розвитку патогенних для зоопланктерів мікроорганізмів, забруднення водойми пестицидами. В усі роки біомаса зоопланктону у середній та верхній частині лиману були більшими, ніж у пониззі. Це можна пояснити дією «крайового ефекту» в зоні надходження вод річки Малий Куяльник до лиману, а також більш сприятливими умовами солоності для розвитку прісноводних та олігогалінних зоопланктерів, які домінують у лимані.

Річна продукція зоопланктону в 2021 році становила $196870,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, у 2022 р. – $233962,9 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, у 2023 р. – $154001,2 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, у 2024 р. – $8237,2 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Отже, незважаючи на те, що 2021 рік характеризувався максимальними значеннями чисельності та біомаси зоопланктону, найбільша продукція спостерігалась у 2022 році.

Зообентос. У середині минулого сторіччя у бентосі Хаджибейського лиману було відзначено 36 видів безхребетних. Нині спостерігається тенденція різкого зниження загальної кількості видів безхребетних з одночасним збільшенням ролі хірономід в угрупованні бентосу лиману. У пробах, які зібрали за період цього дослідження, виявлено

всього 5 видів донних безхребетних, а саме: поліхета *Alitta succinea*, креветка *Palaemon elegans*, амфіпода *Gammarus insensibilis*, черевоногий моллюск *Hydrobia acuta* та хірономіда *Chironomus plumosus*.

Представників десятиногих і різноногих ракоподібних можна віднести до постійних видів угруповання макрзообентосу лиману, тому що їхня зустрічальність (P) дорівнювала 50–70%. Поліхета належала до рідкісних видів ($P=33,3-42,8\%$), а черевоногий моллюск – до випадкових ($P=14,3\%$). З усіх виявлених видів 100% зустрічальність мала лише хірономіда *Chironomus plumosus*. Цей вид за гідроекологічних умов у лимані досягав найбільшого кількісного розвитку. Його максимальна чисельність досягала $26000 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$, що становить близько 99% загальної чисельності бентосу лиману. Середня чисельність *Chironomus plumosus* досягала $6765 \text{ екз} \cdot \text{м}^{-2}$, що становить 98,3% від загальної чисельності всього макрзообентосу, а середня біомаса – $44,15 \text{ г} \cdot \text{м}^{-2}$ (87,8%). Завдяки такому домінуванню одного виду натеper Хаджибейський лиман продовжує трансформуватися в «хірономідну» водойму.

Значний вплив на донних безхребетних здійснюють явища замору, які часто спостерігаються в чорноморських лиманах у теплу пору року. Ці явища зумовлені як змінами клімату, підвищеною температурою води та дефіцитом кисню в придонному шарі води, так і антропогенним навантаженням на водойму, яка відокремлена від моря. Рухливі організми, наприклад ракоподібні, уникають впливу явищ замору, залишаючи придонний шар води. Поліхети і хірономіди стійкі до цього впливу, оскільки слабо чутливі до дефіциту кисню у воді. Найбільш вразливим видом був черевоногий моллюск *Hydrobia acuta*, який рухається повільно і не має можливості уникнути безпосереднього впливу замору. Так, у 2024 році порівняно з дослідженнями, які були проведені в лимані у 2021–2023 рр.,

в угрупованні макрозообентосу не було виявлено цього червоного моллюска.

Загальна чисельність макрозообентосу Хаджибейського лиману в 2022 році порівняно з 2021 знизилась майже в два рази – з 6881 екз.·м⁻² до 3489 екз.·м⁻² (рис. 9). Загальна біомаса цього угруповання за вказаний період знизилась майже в 4,5 рази – з 50,28 г·м⁻² до 11,17 г·м⁻². Це пов'язано з припиненням у 2022 році скиду частково очищених стічних вод до Хаджибейського лиману. В зв'язку з цим відбулося зниження рівня води в лимані, підвищення солоності вод, а також підвищення концентрації забруднюючих речовин у водах лиману. Все це негативно відобразилося на розвитку організмів макрозообентосу. В 2023 році ситуація майже не змінилася. В 2024 році рівень води в лимані почав поступово стабілізуватися, відновились скиди зворотних вод зі СБО «Північна», що відобразилось на кількісних показниках макрозообентосу. Так, у 2024 році чисельність цього угруповання порівняно з 2023 роком підвищилась майже в півтора рази – з 3152 екз.·м⁻² до 4414 екз.·м⁻². При цьому біомаса підвищилась на 10% – з 29,26 г·м⁻² до 32,21 г·м⁻².

Іхтіофауна та рибогосподарські особливості лиману. За даними іхтіологічних досліджень у лимані зареєстровано близько 20 видів риб (Малаховський 1992; Старушенко та Бушуєв 2001; Воля, Дручин та Черніков 2006; Снігірьов та Фіногенов 2013; Снігірьов та Бушуєв 2015). Основними промисловими видами риб є піленгас, товстолобики та їхній гібрид – амур білий, карась сріблястий, короп звичайний, менше значення мають судак звичайний та окунь звичайний. Останніми роками в уловах домінують піленгас і карась сріблястий. Формування видового складу іхтіофауни Хаджибейського лиману перебуває під виключно сильним

антропогенним впливом – за рахунок регулювання скиду стічних вод, забруднення, нестабільного гідрохімічного режиму, ведення промислу та зариблення.

Експлуатація водних біоресурсів Хаджибейського лиману з 2002 року здійснюється у режимі спеціального товарного рибного господарства (СТРГ). Регламент використання водних біоресурсів водойми істотно відрізняється від Правил рибальства у басейні Чорного моря (2023). Так, у Хаджибейському лимані істотно знижено допустимі для видобутку мінімальні значення довжини тіла основних промислових видів риб (піленгас – 20 см, замість 38 см для водойм басейну Чорного моря; короп звичайний – 25 см замість 32 см; товстолобики та амур білий – 25 см замість 40). Мінімальні розміри хижих риб – судака звичайного та окуня звичайного – взагалі не встановлені. У лимані дозволено застосування різноглибинних тралів. Фактично промисел риби в лимані будується переважно на видобутку молоді, яка не досягла статевої зрілості. Основний сенс такої експлуатації полягає в необхідності швидкого вилучення рибопродукції до того, як значна її частина загине під час чергових літніх заморів. До того ж накопичення забруднюючих речовин у тканинах молоді риб не досягає таких небезпечних концентрацій, як у особин старших вікових груп.

Згідно з режимом СТРГ загальна потенційна рибопродуктивність водойми оцінена на рівні 600 кг·га⁻¹ (Режим... 2017), проте максимальна досягнута рибопродуктивність становить 125 кг·га⁻¹ (2019 р.). Середня рибопродуктивність за 2000–2024 рр. становить 65,5 кг·га⁻¹: піленгас – 39,4 кг·га⁻¹, рослиноїдні риби (товстолобики, амур білий) – 10,7 кг·га⁻¹, карась сріблястий – 6,6 кг·га⁻¹, судак звичайний – 3,7 кг·га⁻¹; короп звичайний –

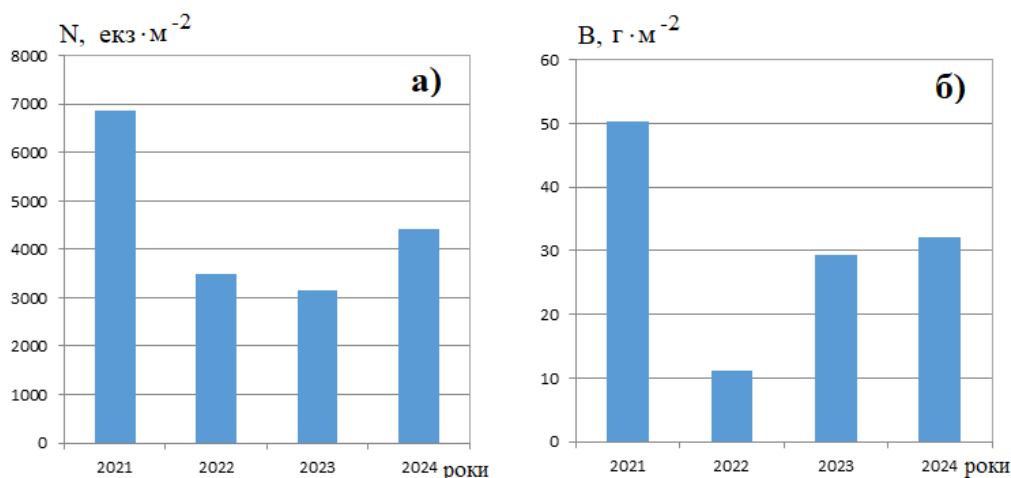


Рис. 9. Загальна чисельність (а) та біомаса (б) макрозообентосу Хаджибейського лиману в 2021–2024 рр.

1,4 кг·га⁻¹. За даними промислової статистики щорічний вилов риби в Хаджибейському лимані останніми роками коливався від 187,1 т (2021 р.) до 1249,9 т (2019 р.) (рис. 10).

У середньому частка піленгасу в уловах становила 60,1%. Вид штучно вселений у Хаджибейський лиман у середині 1990-х рр. Природний обмежений його нерест відзначався в Паліївській затоці і лимані з 1998 року. Покоління 2003 року і наступних років є повністю результатом природного нересту (Воля та ін. 2006).

Однак успішний нерест і виживання молоді піленгасу залежить від солоності води, стану кормової бази та гідрометеорологічних умов у нерестовий період. У зв'язку з цим його чисельність у лимані схильна до значних різких коливань, що загалом характерно для кефалевих.

Оскільки піленгас є основним промисловим видом у Хаджибейському лимані, ці коливання значною мірою визначають величину промислових уловів загалом.

Примітно, що, незважаючи на відносно високий вилов піленгасу в 2023 році, його нерест у лимані в 2024 році оцінюється як виключно невдалий. За результатами досліджень вікової структури піленгасу у 2007–2014 рр. частка двох молодших груп віком 2 та 3 роки в уловах становила 90–95% (Снігирьов та Бушуєв 2015). Масовий вилов молоді піленгасу проводиться тралами, старших особин – сітками.

Відповідно до режиму СТРГ у лиман щорічно мають вселяти 2,7 млн екз. штучно вирощеної молоді прісноводних видів риби (рослиноїдних видів, коропа звичайного та карася сріблястого). Ці види не можуть розмножуватися у водоймі за солоності води 4–7‰, але при цьому здатні успішно нагулю-

ватись і набирати масу. У разі невдалого природного нересту піленгасу режимом передбачено можливість зариблення лиману його штучно вирощеною молоддю (0,5 млн шт.). Цей захід ніколи не здійснювався, але не тому, що в цьому не було потреби, а через повну відсутність необхідного зарибку в Україні. Обсяги зариблення лиману знизилися з 57 т у 2019 році до 35,6 т у 2023 році.

Останніми роками у зв'язку зі зростанням дефіциту прісного балансу Хаджибейського лиману та скороченням обсягів скидання зворотних вод гідрологічна та екологічна ситуація у водоймі стала змінюватися на гіршу. Ці фактори вплинули на стан рибних запасів. При цьому негативний вплив зниження рівня води (спричинило осушення колишніх нерестовищ прісноводних риб у північній частині лиману і зростання солоності води на 1,5‰) поки істотно не виявився, оскільки нерест корошових риб тут уже давно практично не спостерігався, а діапазон коливань солоності ще не є критичним для нагулу прісноводних видів риб, що вселяються. А ось частота та інтенсивність бурхливого розвитку синьо-зелених водоростей та прояви явищ задухи в останні п'ять років помітно зросли. Очевидно, що значно зросли і масштаби загибелі риби та кормових гідробіонтів. За повідомленнями одеських каналів новин (<https://odesa.novyny.live>; <https://topor.od.ua/>; <https://dumskaya.net/news/>; <https://odessa.comments.ua/news/>) потужні замори з 2019 по 2024 рр. відзначалися в Хаджибейському лимані в теплий період року (червень–серпень) регулярно і неодноразово. При цьому загибель гідробіонтів у разі заморів фіксується далеко не завжди, а в основному в тих випадках, коли вітер прибиває мертву рибу і креветок до берега у значних кількостях (коли маса риби, що загинула, обчислюється тоннами і навіть десят-

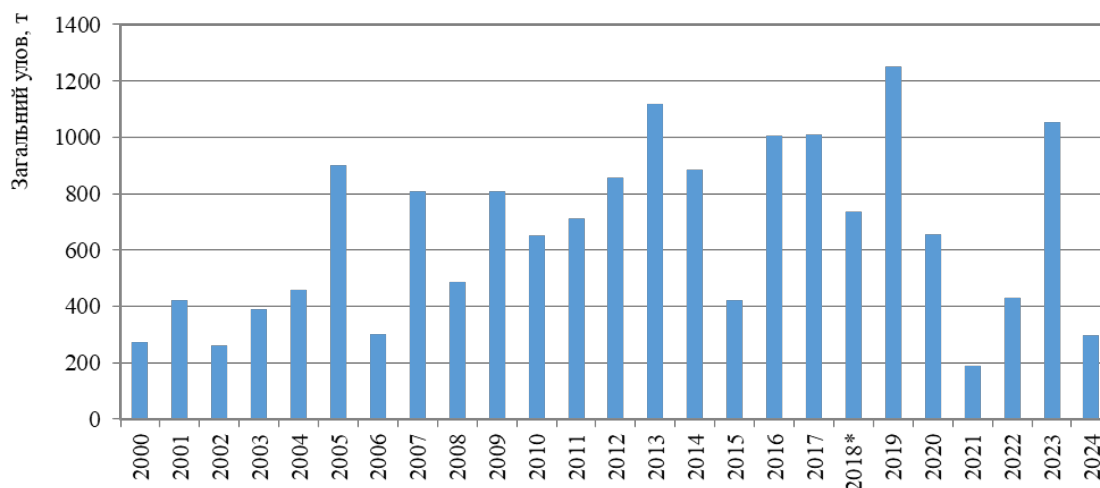


Рис. 10. Динаміка загальних уловів риби у Хаджибейському лимані в 2000–2024 рр.

ками тонн). Екологічні комісії оцінюють приблизну кількість загиблених водних біоресурсів у локальних викидах на березі, а реальні площі поразки акваторії та масштаби загибелі гідробіонтів залишаються невідомими. Як правило, у пробах води у разі заморів відзначається значне перевищення гранично допустимої концентрації амонійного азоту. Так, у липні 2024 року, коли була зафіксована загибель піленгасу, коропа звичайного, бичків та інших водних біоресурсів, було зареєстровано перевищення ГДК амонійного азоту в 66 разів (<https://odesa.povyny.live/ru/voda-u-khadzhibeiskomu-limani-stalanebezpechna-podrobitsi-184589.html>).

На кормові умови для риб у лимані впливають зворотні води, що скидаються до нього. Опріснення лиману та значне евтрофування у зв'язку зі скиданням у лиман частково очищених стічних вод з високим вмістом біогенних речовин сприяють масовому розвитку фіто- та зоопланктону. Висока продуктивність кормового зоопланктону Хаджибейського лиману визначає успішність виживання молоді піленгасу у перші місяці її життя, а також ефективність використання водойми для нагулу рибами зоопланктонофагами (гібрид товстолобиків білого та строкатого) (Шерман та Кутішев 2007). Але останніми роками тривожним сигналом є періодичні випадки різкого зниження чисельності та біомаси кормового зоопланктону, особливо весняно-літній період критичний для виживання та розвитку молоді піленгасу (головного промислового об'єкта у водоймі). Подібне явище відзначалося в лимані в 2020, 2023 і особливо в 2024 роках (рис. 8). Внаслідок відсутності корму відбувалася масова елімінація личинок та молоді піленгасу після нересту. Покоління піленгасу цих років було дуже малочисельним, що в наступні роки визначало різке зниження уловів.

Висновки

У результаті досліджень абіотичних і біотичних складників екосистеми Хаджибейського лиману, виконаних останніми роками, а також порівняння отриманих даних з архівними матеріалами, встановлені особливості мінливості характеристик гідроекологічного режиму лиману у сучасний період (2021–2024 рр.):

1. Під дією антропогенних (надходження зворотних вод зі СБО «Північна») і природних (зменшення кількості атмосферних опадів) чинників за досліджуваний період відбулось зменшення рівня води в Хаджибейському лимані на 1 м і об'єму вод на 120 млн м³ (19%). Площа водного дзеркала лиману змінилась значно менше – на 5 км² (4%).

2. Внаслідок зменшення рівня води в лимані відбулось погіршення якості його вод за гідрохімічними показниками. Солоність води в основній

частині лиману (без урахування Паліївської затоки) підвищилась з 5,93 до 7,35‰. Незважаючи на припинення скидів зворотних вод зі СБО «Північна» з березня 2022 до червня 2023 року, зросли концентрації мінеральних форм біогенних речовин у водах лиману, границі діапазону мінливості яких значно перевищували встановлені для водойм рибогосподарського призначення значення. Цей факт визначає важливість ролі масообміну з донними відкладами лиману (як джерела вторинного забруднення) у формуванні якості вод лиману.

3. Визначено, що у 2023–2024 рр. значно виросла біомаса фітопланктону у прибережній зоні, тоді як його чисельність залишалась майже на однаковому рівні або навіть зменшувалась (як для *P. agardhii*). У 2021–2024 рр. стабільно зменшувались чисельність і біомаса зоопланктону. Внаслідок цього, особливо у весняно-літній період, погіршилися умови для виживання та розвитку молоді піленгасу (*Planiliza haematocheilus*) (головного промислового об'єкта у водоймі), відбувалася масова елімінація личинок та молоді піленгасу після нересту. Біомаса макрозообентосу спочатку значно зменшилася у 2022 році, а потім у 2023–2024 рр. почала зростати.

4. Щорічно в лимані відбувалася загибель риби і кормових гідробіонтів у теплий період року (червень–серпень) внаслідок задух. Як правило, у пробах води під час заморів відзначається значне перевищення гранично допустимої концентрації амонійного азоту. Підвищення солоності вод у лимані унеможлиблює розмноження прісноводних видів риб (рослиноїдних видів, коропа звичайного та карася сріблястого), але визначений діапазон мінливості цього показника в 2021–2024 рр. є достатнім для успішного нагулу і набору маси риб у разі їх штучного зариблення.

5. В умовах динамічних гідроекологічних показників, перш за все таких як солоність та рівень вмісту кисню у воді, іхтіофауна Хаджибейського лиману буде трансформуватися залежно від рибогосподарських заходів, пов'язаних із зарибленням водойми, та заходів, спрямованих на запобігання виникненню масштабних задух. За винятком піленгасу чисельність інших промислових видів риб лиману практично не залежить від природного нересту і більшою мірою базується на масштабах штучного зариблення. В умовах значного скорочення біомаси зоопланктону виживання молоді основного промислового виду піленгасу в лимані є критичним, що негативно відображається на загальних річних умовах та рибопродуктивності водойми.

6. Внаслідок зменшення надходження до лиману вод від антропогенних джерел і зростання посушливості клімату останніми роками збільшився

дефіцит прісного водного балансу лиману, що вимагає щорічного його поповнення зворотними водами СБО «Північна» в обсязі 36–41 млн м³·рік⁻¹ для стабілізації рівневого режиму і гідроекологічних характеристик. Тривалість поповнення з урахуванням сучасних місячних об'ємів скиду попередньо оцінена у 9–10 місяців на рік.

Список використаних джерел

1. Адобовский В.В., Богатова Ю.И., Большаков В.Н. и др. Хаджибейский лиман. *Северо-западная часть Черного моря: биология и экология* / под ред. Ю.П. Зайцева, Б.Г. Александрова, Г.Г. Миничевой. Киев : Наукова думка, 2006. С. 391–401.
2. Беленкова Н.І. Фітопланктон Одеської затоки та Хаджибейського лиману. *Вісник ОДУ*. 2000. Т. 5. Вип. 1. С. 117–121.
3. Богатова Ю.И., Секундяк Л.Ю., Кирсанова Е.В. Качество водной среды Хаджибейского лимана летом 2016 года. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2017. Вип. 21. С. 78–85.
4. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчет объемов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Черного моря: препр. НАН Украины. Институт биологии южных морей. Севастополь, 2005. 25 с.
5. Бубнова Н.П., Холикова Н.И. Методы изучения макрозообентоса. *Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений*. Л. : Гидрометеиздат, 1980. С. 21–38.
6. Варігін О.Ю. Сучасний стан макрозообентосу Хаджибейського лиману (Північне Причорномор'я). *Науковий вісник Чернівецького університету. Біологія (Біологічні системи)*. 2024. 16 (3). С. 313–318.
7. Ветрова З.И. Флора водорослей континентальных водоемов Украинской ССР. Эвгленовитовые водоросли. Вип. 1, ч. 1. Киев : Наукова думка, 1986. 346 с.
8. Водний баланс Хаджибейського лиману за різних умов його існування. Звіт з НДР заключний (наук. кер. Є.Д. Гопченко). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0111U010352, 2011. 86 с.
9. Володкович Ю.Л. Методы изучения морского бентоса. *Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений*. Л. : Гидрометеиздат, 1980. С. 150–165.
10. Воля Є.Г., Дручин О.І., Черніков Г.Б. Характеристика сучасного стану іхтіофауни Хаджибейського лиману. *Академику Л.С. Бергу – 130 лет* : сб. научн. ст. Бендери : Есо-TIRAS, 2006. С. 62–65.
11. Гопченко Е.Д., Шакирзанова Ж.Р. Оценка наполнения Хаджибейского лимана поверхностными водами и долгосрочное прогнозирование его состояния в весенний период года. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. Одесса : ТЕС, 2011. С. 69–207.
12. Гуменюк Г.Б. Порівняльна характеристика вмісту концентрацій важких металів у складових

7. Покращення гідроекологічних умов у водоямах Паліївської затоки можливе за умови інтенсифікації їх водообміну з прилеглою частиною Хаджибейського лиману шляхом розчищення і періодичного відкриття шандорів, каналів у греблях, зменшення відміток порогів у них, забезпечення своєчасного і регулярного їх обслуговування.

гідроекосистеми Хаджибейського лиману. *Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. м. Одеса, 18–20 листопада 2015 р. Одеса : ТЕС, 2015. С. 44–47.

13. Дядичко В.Г., Харитонova Ю.В., Гаркуша О.П. Фіто- та зоопланктон Хаджибейського лиману (2016 р., 2021–2023 рр.). *Гідробіологічний журнал*. 2024. Т. 60. № 4. С. 3–22.
14. Дятлов С.С., Кошелев О.В., Запорожець С.О. Донні відкладення південної частини Хаджибейського лиману в умовах хронічного забруднення. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія : Біологія*. 2017. 2 (69). С. 60–64.
15. Коваленко О.В. Флора водоростей України. Т. І. Синьо-зелені водорості. Вип. 1. Порядок хроококальні. Київ : Арістей, 2009. 397 с.
16. Куцоконь Ю.К., Квач Ю.В. Українські назви міног і риб фауни України для наукового вжитку. *Біологічні студії*. 2012. 6(2). С. 199–220.
17. Малаховський В.А. Зміна іхтіоцену Хаджибейського лиману (1979–1992 рр.) та подальший його розвиток. *Фауна та екологія тварин*. 1992. Т. 1. С. 40–46.
18. Митропольский В.И., Мордухай-Болтовской Ф.Д. Макрозообентос. *Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов*. М. : Наука, 1975. С. 158–170.
19. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях. Зоопланктон и его продукция. Л. : ЗИН, 1984. 35 с.
20. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України / В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксик та ін. Київ : Мінекоресурсів України. 2001. 48 с.
21. Методичні рекомендації з розроблення нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти із зворотними водами : Наказ Міндовкілля № 173 від 05.03.2023. Додаток 3. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text>.
22. Нестерова Д.А. Методические рекомендации для отбора проб и обработки морского фитопланктона: препринт. Одесса : ОБИВСС НАНУ, 1988. 18 с.
23. Оцінка наповнення Хаджибейського лиману поверхневими водами та довгострокове прогнозування його стану у весняний період року. Водний баланс

Хаджибейського лиману за різних умов його існування. Звіт з НДР заключний (наук. кер. Є.Д. Гопченко). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0109U004793, 2009. 158 с.

24. Оцінка гідроекологічного стану верхньої частини Хаджибейського лиману від с. Єгоровка до с. Алтестове та розробка рекомендацій по поліпшенню водного режиму та відновленню її біологічних ресурсів. Звіт з НДР заключний (наук. кер. Н.С. Лобода). База даних УкрНТЕІ, бібл. Од. держ. еколог. ун-ту. ДР № 0111U010351, 2011. 263 с.

25. Правила промислового рибальства в басейні Чорного моря, затв. Наказом Мінагрополітики України за № 1284 від 15.06.2023 р., зареєстр. Мін'юст України за № 1253/40309 від 25.07.2023 р.

26. Режим рибогосподарської експлуатації частини Хаджибейського лиману, розташованого на території Біляївського, Роздільнінського та Іванівського районів Одеської області (2017–2026 рр.) (нова редакція). 2017. Розроблено: «Укррибпроект», погоджено: Державне агентство рибного господарства України. 9 с.

27. Снігірьов С.М., Фіногенов О.Л. Сучасний стан промислової іхтіофауни Хаджибейського лиману. *Сучасні проблеми теоретичної та практичної іхтіології*: зб. наук. ст. IV Міжнар. наук.-практ. конф., 9–11 жовтня 2013 р. Тернопіль : Вектор, 2013. С. 256–258.

28. Снігірьов С.М., Бушуєв С.Г., 2015. Перспективи рибогосподарського використання Хаджибейського лиману. *Рибогосподарська наука України*. 2015. 3(33). С. 5–17.

29. Старушенко Л.І., Бушуєв С.Г. Причорноморські лимани Одещини та їх рибогосподарське використання. Одеса : Астропрінт, 2001. С. 87–99.

30. Тучковенко Ю.С., Козлов М.О. Водний баланс Хаджибейського лиману у сучасний період. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2017. 21. С. 66–77.

31. Тучковенко Ю.С., Сапко О.Ю., Тучковенко О.А. Характеристика станцій біологічного очищення стічних вод міста Одеса як джерел біогенного забруднення морського середовища в сучасний період. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. 25. С. 127–135.

32. Тучковенко Ю.С., Хохлов В.М., Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водний баланс квазіакричних лиманів північно-західного Причорномор'я. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2022. 29. С. 32–47.

33. Тучковенко Ю.С. Комплексне вирішення проблеми забезпечення доброго екологічного стану морського середовища на прилеглій до північної частини міста Одеса ділянці узбережжя. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. (31). С. 22–32.

34. Шакірзанова Ж.Р. Оцінка стану Хаджибейського лиману і прогнозування можливих рівнів води у ньому. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. 16. С. 156–163.

35. Шерман І.М., Кутіщев С.В. Основи екології і технології рибництва в умовах астатичної мінералізації. Київ : Вища освіта, 2007. 143 с.

36. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев : Наукова думка, 1990. 208 с.

37. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta / Eds.: P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2006. 713 p.

38. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta / Eds.: P.M. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2009. 413 p.

39. Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta / Eds.: P. Tsarenko, S. Wasser, E. Nevo. Rugell : Gantner Verlag, 2011. 510 p.

40. Garkusha O.P. Features of the phytoplankton in the Khadjibei Estuary (northern coast of the Black Sea) in the modern period (2016–2021). *55th European Marine Biology Symposium : Book of abstract, 19–23 September 2022, Gdańsk, Poland*. P. 83.

41. Hoppenrath M., Elbrachter M., Drebes G. Marine phytoplankton. Kleine Senckenberg Reihe, 2009. 264 p.

42. Moncheva S., Parr B. Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea. 2010. URL: http://www.blacksea-commission.org/Downloads/Phytoplankton_%20Manual-Final-1.pdf.

43. Terenko G.V., Hushchyna K.G. *Planktothrix agardhii* (Cyanoprokaryota) toxic blooms in Khadzhibey Estuary (Ukraine). *Marine ecosystems: research and innovations : Book of abstracts of International scientific conference, 27–29 October 2021, Odessa, Ukraine*. Odessa – Istambul, 2021. P. 80.

44. World Register of Marine Species. 2024. www.marinespecies.org. URL: <https://www.marinespecies.org>.

References

- Adobovskiy, V.V., Bogatova, Yu.I., Bolshakov, V.N., Volya, E.G., Vorobyova, L.V., Garkavaya, G.P. et al. (2006). Hadzhibejskij liman [Hadzhibey Estuary]. *Severo-zapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ekologiya – The North-Western Part of the Black Sea: Biology and Ecology*. / Zaitsev, Yu.P., Aleksandrov, B.G., Minicheva, G.G. (Eds). (pp. 391–401). Kiev: Naukova dumka [in Russian].
- Belenkova, N.I. (2000). Fitoplankton Odeskoyi zatoki ta Hadzhibejskogo limanu [Phytoplankton of the Odessa Bay and the Chadhibey Estuary]. *Visnyk Odes'koho derzhavnoho universytetu – Bulletin of Odessa State University*, 5(1), 117–121 [in Ukrainian].
- Bogatova, Yu.I., Sekundak, L.Yu. & Kirsanova, E.V. (2017). Kachestvo vodnoy sredy Khadzhibeyskogo limana letom 2016 goda [Quality of aquatic environment

of Khadzhibey Estuary in summer, 2016]. *Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekologichnogo universitetu – Bulletin of Odessa state environmental university*, 21, 78–85 [in Russian].

4. Briantseva, Yu. V., Liakh, O. M., & Sierhieieva, A. V. (2005). Raschet obemov i ploshadej poverhnosti odnokletochnykh vodoroslej Chernogo morya [Calculation of volumes and surface areas of unicellular algae of the Black Sea]. Sevastopol [in Russian].

5. Bubnova, N. P., & Kholikova, N. I. (1980). Metody izucheniya makrozoobentosa [Methods of studying macrozoobenthos]. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverhnostnykh vod i donnykh otlozhenij – Guide to methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments*. (pp. 21–38). Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].

6. Varigin, O. Yu. (2024). Suchasnyy stan makrozoobentosu Khadzhybeys'koho lymanu (Pivnichne Prychornomor'ya) [The current condition of the macrozoobentos of the Khadzhibey Estuary (Northern Black Sea region)]. *Naukovyy visnyk Chernivets'koho universitetu. Biologiya (Biologichni systemy) – Scientific herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 16(3), 313–318 [in Ukrainian].

7. Vetrova, Z. I. (1986). *Flora vodoroslej kontinental'nykh vodoyemov Ukrainy SSR. Evglonofitovyye vodorosli [Flora of algae of the continental waters of Ukraine]*. Is. 1. Kiev : Naukova dumka [in Russian].

8. *Vodnyy balans Khadzhybeys'koho lymanu za riznykh umov yoho isnuvannya – Water balance of Khadzhibey Estuary under various conditions of its existence*. (2011). Final research report (Research leader Ye. D. Gopchenko). Database of the State Scientific Organisation “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Library of Odessa State Environmental University, State registration No. 0111U010352 [in Ukrainian].

9. Volodkovych, Yu. L. (1980). Metody izucheniya morskogo bentosa [Methods of studying marine benthos]. *Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozhenij – Manual of methods of biological analysis of sea water and bottom sediments*. (pp. 150–165). Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].

10. Volya, E. G., Druchyn, O. I., & Chernikov, G. B. (2006). Kharakterystyka suchasnogo stanu ikhtiofauny Khadzhybeys'koho lymanu [Characteristics of the current state of the ichthyofauna of the Khadzhibey Estuary]. *Akademiku L. S. Bergu – 130 let – Academician L. S. Berg – 130 years: Collection of scientific articles*. (pp. 62–65). Bendery: Eco-TIRAS [in Ukrainian].

11. Gopchenko, E. D., & Shakirzanova, Zh. R. (2011). Otsenka napolneniya Khadzhibeyskogo limana poverkhnostnyimi vodami i dolgosrochnoye prognozirovaniye yego sostoyaniya v vesenniy period goda [Assessment of the filling of the Khadzhibey Estuary with surface waters and long-term forecasting of its condition in the spring period of the year]. *Aktual'nye problemy limanov severo-zapadnogo Prichernomor'ya – Actual problems of estuaries of North-West of the Black Sea*. (pp. 69–207 pp). Odessa: TES [in Russian].

12. Humeniuk, G. B. (2015). Porivnyal'na kharakterystyka vmistu kontsentratsiy vazhkykh metaliv u skladovykh hidroekosystemy Khadzhybeys'koho

lymanu [Comparative characteristics of heavy metal concentrations in components of the hydroecosystem of Khadzhibey Estuary]. Proceedings from: *Vseukrainska naukovo-praktychna konferentsia «Pryrodno-resursnyi potentsial Kuialnytskoho ta Khadzhybeiskoho lymaniv, terytorii mizhlymannia: suchasnyi stan, perspektyvy rozvytku» – All-Ukrainian theoretical and practical conference “Natural resource potential of the Kuyalnytskyi and Khadzhibey estuaries, inter-estuary territories: current state, development prospects”*. (pp. 44–47). Odessa: TES [in Ukrainian].

13. Dyadichko, V. G., Kharytonova, Yu. V., & Garkusha, O. P. (2024). Fito- ta zooplankton Hadzhibeyskogo limanu (2016, 2021–2023) [Phyto- and zooplankton communities of the Khadzhibey Estuary (2016, 2021–2023)]. *Hidrobiologichnyy zhurnal – Hydrobiological Journal*, 60 (4), 3–22 [in Ukrainian].

14. Dyatlov, S. Ye., Koshelev, A. V. & Zaporozhets, S. A. (2017). Donni vidkladennya pivdennoyi chastyny Khadzhybeys'koho lymanu v umovakh khronichnoho zabrudnennya [Bottom sediments of southern part of Khadzhibey Estuary in terms of chronic anthropogenic pollution]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnogo universitetu. Seriya: Biologiya – Scientific Issue Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 2(69), 60–64 [in Ukrainian].

15. Kovalenko, O. V. (2009). *Flora of algae of Ukraine. Volume I. Blue-green algae. Issue 1. Chroococcales order*. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].

16. Kutsokon, Yu. K., & Kvach, Yu. V. (2012). Ukrayins'ki nazvy minoh i ryb fauny Ukrayiny dlya naukovoho vzhytku [Ukrainian names of lampreys and fish of the fauna of Ukraine for scientific use]. *Naukovyy visnyk Chernivets'koho universitetu. Biologiya (Biologichni systemy) – Scientific herald of Chernivtsi University. Biology (Biological Systems)*, 6(2), 199–220 [in Ukrainian].

17. Malakhovsky, V. A. (1992). Zmina ikhtiotsenu Khadzhybeys'koho lymanu (1979–1992 rr.) ta podal'shy yoho rozvytok [Change in the ichthyocen of the Khadzhibey Estuary (1979–1992) and its further development]. *Fauna ta ekolohiya tvaryn – Fauna and ecology of animals*, 1, 40–46 [in Ukrainian].

18. Mytropolskyi, V. I., & Mordukhai-Boltovskoi, F. D. (1975). Makrozoobentos [Macrozoobenthos]. *Metodika izucheniya biogeocenozov vnutrennih vodoemov – Methods of studying biogeocenoses of inland water bodies*. (pp. 158–170). Moscow: Nauka [in Russian].

19. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh. Zooplankton i ego produkciya [Methodological recommendations for collecting and processing materials in hydrobiological studies. Zooplankton and its products]*. (1984). Leningrad: ZIN [in Russian].

20. Romanenko, V. D., Zhukynskyi, V. M., Oksiuk, O. P. et al. (2001). *Metodyka vstanovlennia i vykorystannia ekolohichnykh normatyviv yakosti poverkhnevyykh vod sushi ta estuariiv Ukrainy [Methodology for establishing and using ecological standards for the quality of surface waters of land and estuaries of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].

21. Metodychni rekomendatsii z rozroblennia normatyviv hranychno dopustymoho skydannia

zabrudniuiuchykh rečovyn u vodni obiekty iz zворотnymy vodamy [Methodological recommendations for the development of standards for maximum permissible discharge of pollutants into water bodies with return waters]. (2023). Nakaz Mindovkillia № 173 vid 05.03.2023. Dodatok 3 – Order of the Ministry of Environment No. 173 dated 05.03.2023. Appendix 3. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0173926-21#Text> [in Ukrainian].

22. Nesterova, D.A. (1988). Metodicheskie rekomendacii dlya otbora prob i obrabotki morskogo fitoplanktona [Guidelines for sampling and processing of marine phytoplankton]. Odessa: OBIBSS NASU [in Russian].

23. Otsinka napovnennya Khadzhybeys'koho lymanu poverkhnevymy vodamy ta doвшostrokovе prohnоzuvannya yoho stanu u vesnyanyy period roku. Vodnyy balans Khadzhybeys'koho lymanu za riznykh umov yoho isnuvannya – Assessment of surface water filling of Khadzhibey Estuary and long-term forecasting of its condition in the spring period of the year. Water balance of Khadzhibey Estuary under different conditions of its existence. (2009). Final research report (Research leader Ye.D. Gopchenko). Database of the State Scientific Organisation “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Library of Odessa State Environmental University, State registration No. 0109U004793 [in Ukrainian].

24. Otsinka hidroekolohichnoho stanu verkhnyoi chastyny Khadzhybeys'koho lymanu vid s. Yehorovka do s. Altestove ta rozrobka rekomendatsiy po polipshennyu vodnoho rezhymu ta vidnovlennyu yiyi biolohichnykh resursiv – Assessment of hydroecological state of the upper part of Khadzhibey Estuary from Yegorovka to Altestove and development of recommendation on improvement of water regime and renovation of its biological resources. (2011). Final research report (research leader N.S. Loboda). Database of the State Scientific Organisation “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, Library of Odessa State Environmental University, State registration № 0111U010351 [in Ukrainian].

25. Pravyla promyslovoho rybal'stva v baseyni Chornoho morya – Rules of commercial fishing in the Black Sea basin. Approved by Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine No. 1284 dated 06/15/2023, registered by the Ministry of Justice of Ukraine No. 1253/40309 dated 07/25/2023 [in Ukrainian].

26. Rezhym rybohospodars'koyi ekspluatatsiyi chastyny Khadzhybeys'koho lymanu roztashovanoho na terytoriyi Bilyayivs'koho, Rozdil'nins'koho ta Ivanivs'koho rayoniv Odes'koyi oblasti (2017–2026 rr.) (nova redaktsiya) [Regime of fishery exploitation of part of the Khadzhibey Estuary located on the territory of the Biliavskiy, Rozdilnyy and Ivanovskiy districts of the Odessa region (2017–2026) (new edition)]. (2017). Rozrobleno: “Ukrriybroekt”, pohodzheno: Derzhavne ahentstvo rybnoho hospodarstva Ukrainy. 9 s.

27. Snigirev, S.M., & Finogenov, O.L. (2013). Suchasnyy stan promyslovoyi ikhtiofauny Khadzhybeys'koho lymanu [Current state of the commercial ichthyofauna of the Khadzhibey Estuary]. Proceedings: IV Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya «Suchasni problemy teoretychnoyi ta praktychnoyi ikhtiolohiyi» – IV International Scientific and Practical Conference “Current

Problems of Theoretical and Practical Ichthyology”. (pp. 256–258). Ternopil: Vector [in Ukrainian].

28. Snigirev, S.M., & Bushuiev, S.G. (2015). Perspektyvy rybohospodars'koho vykorystannya Khadzhybeys'koho lymanu [Prospects for the fishery use of the Khadzhibey Estuary]. *Rybohospodars'ka nauka Ukrainy – Fisheries science of Ukraine*, 3(33), 5–17 [in Ukrainian].

29. Starushenko, L.I., & Bushuiev, S.G. (2001). *Black Sea Estuaries of Odessa Region and Their Fisheries Use*. Odessa: Astroprint [in Ukrainian].

30. Tuchkovenko, Yu.S., & Kozlov, M.O. (2017). Vodnyy balans Khadzhybeys'koho lymanu u suchasnyy period [Current water balance of Khadzhibey Estuary]. *Visnyk Odes'koho derzhavnogo ekolohichnoho universytetu – Bulletin of Odessa State Environmental University*, 21, 66–77 [in Ukrainian].

31. Tuchkovenko, Yu.S., Sapko, O.Yu., & Tuchkovenko, O.A. (2020). Kharakterystyka stantsiy biolohichnoho ochyshchennya stichnykh vod mista Odesa yak dzherel biohennoho zabrudnennya mors'koho seredovyshcha v suchasnyy period [Description of biological wastewater treatment plants of city of Odesa as sources of marine environment nutrient pollution in current period]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal*, 25, 127–135 [in Ukrainian].

32. Tuchkovenko, Yu.S., Khokhlov, V.M., & Loboda, N.S. (2022). Vplyv zmin klimatu na vodnyy balans kvazizakrytykh lymaniv pivnichno-zakhidnoho Prychornomor'ya [Climate change impact on water balance of quasi-closed lagoons in the North-Western Black Sea coast]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal*, (29), 32–47 [in Ukrainian].

33. Tuchkovenko, Y.S. (2023). Kompleksne vyrishennya problemy zabezpechennya dobroho ekolohichnoho stanu mors'koho seredovyshcha na pryehlyi do pivnichnoyi chastyny mista Odesa dilyantsi uzberezhzha [A comprehensive solution to the problem of ensuring a good environmental status of the marine environment across the coastal area that is adjacent to the northern part of the City of Odesa]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal*, (31), 22–32 [in Ukrainian].

34. Shakirzanova, Zh.R. (2015). Otsinka stanu Khadzhybeys'koho lymanu i prohnоzuvannya mozhlyvykh rivniv vody u n'omu [Assessment of Khadzhibey Estuary and forecasting possible water level in it]. *Ukrayins'kyi hidrometeorolohichnyy zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal*, 16, 156–163 [in Ukrainian].

35. Sherman, I.M., & Kutishchev, S.V. (2007). *Osnovy ekolohiyi i tekhnolohiyi rybnytstva v umovakh astatychnoyi mineralizatsiyi* [Fundamentals of ecology and technology of fish farming under conditions of astatic mineralization]. Kyiv: Vyshcha osvita [in Ukrainian].

36. Tsarenko, P.M. (1990). *Kratkij opredelitel hlorokokkovykh vodoroslej Ukrainskoj SSR* [A brief guide to chlorococcal algae of the Ukrainian SSR]. Kiyev: Naukova dumka [in Russian].

37. Tsarenko, P., Wasser, S., & Nevo, E. (Eds.). (2006). *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta,*

Phaeophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta. Rugell: Gantner Verlag.

38. Tsarenko, P., Wasser, S., & Nevo, E. (Eds.). (2009). *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 2. Bacillariophyta*. Rugell: Gantner Verlag.

39. Tsarenko, P., Wasser, S., & Nevo, E. (Eds.). (2011). *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography. Vol. 3. Chlorophyta*. Rugell: Gantner Verlag.

40. Garkusha, O.P. (2022). Features of the phytoplankton in the Khadjibey Estuary (northern coast of the Black Sea) in the modern period (2016–2021). Book of abstract: *55th European Marine Biology Symposium*. (p. 83). Gdańsk, Poland.

41. Hoppenrath, M., Elbrachter, M., & Drebes, G. (2009). *Marine phytoplankton*. Kleine Senckenberg Reihe.

42. Moncheva, S., Parr, B. (2010). Manual for Phytoplankton Sampling and Analysis in the Black Sea. Retrieved from: http://www.blacksea-commission.org/Downloads/Phytoplankton_%20Manual-Final-1.pdf.

43. Terenko, G.V., & Hushchyna, K.G. (2021). *Planktothrix agardhii* (Cyanoprokaryota) toxic blooms in Khadzhibey Estuary (Ukraine). Book of abstracts: *International scientific conference "Marine ecosystems: research and innovations"*. (p. 80). Odessa – Istanbul.

44. World Register of Marine Species. 2024. www.marinespecies.org. Retrieved from: <https://www.marinespecies.org>.

CHARACTERISTICS OF THE CURRENT HYDROECOLOGICAL REGIME OF THE KHADZHIBEY ESTUARY IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE AND ANTHROPOGENIC LOADS

Tuchkovenko Yu.S., Dr. Sci., Senior Researcher, **Bogatova Yu.I.**, PhD, Senior Researcher,

Garkusha O.P., PhD, **Martyniuk M.O.**, PhD, **Dyadichko V.G.**, PhD,

Varigin A.Yu., Dr. Sci., Senior Researcher, **Bushuiev S.G.**, PhD, **Demchenko V.O.**, Dr. Sci., Senior Researcher

The article provides a description of the hydroecological regime of the Khadzhibey Estuary based on the results of the analysis of hydrological, hydrochemical and hydrobiological data obtained during field research in 2021–2024 and archival data.

Field research was carried out at 13 coastal stations from the upper reaches of the estuary (Shemetove village) to its lower part (Usatove village). During the specified period, an analysis of the variability of the hydrological and hydrochemical characteristics of the estuary waters, as well as the biotic components of the ecosystem: phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna, was performed. Changes in the components of the freshwater balance of the estuary that occurred were determined.

It was established that the features of the specified period were determined primarily by the cessation of the flow of return waters to the estuary from the biological wastewater treatment plant "Pivnichna" of the Odessa city. In combination with arid meteorological conditions, this led to a decrease in the average annual water level in the estuary by one meter. The consequences of this for the estuary ecosystem are indicated: deterioration of water quality due to an increase in the concentration of mineral forms of biogenic substances in the waters of the estuary to values that constantly significantly exceeded the maximum permissible values established for water bodies for fishery purposes; an increase in the role of mass exchange with bottom sediments in the formation of hydroecological conditions in the estuary; an increase in phytoplankton biomass in 2023–2024; a steady decrease in the abundance and biomass of zooplankton; deterioration of conditions for the survival and development of juvenile pilengas as the main object of fishing in the reservoir; increase in the average salinity of the water area from 5.93 to 7.35‰, which does not meet the conditions for significant reproduction of freshwater fish species (silver carp, grass carp, carp, silver crucian carp), but does not prevent their successful feeding and weight gain in the case of artificial stocking; promotion of large-scale suffocation, due to a deficiency of dissolved oxygen in the water, the death of fish, shrimp and other aquatic organisms.

It is noted that due to the lack of a runoff Svinna River and artificially limited water exchange with the main part of the estuary, the water quality in the Palievsky Bay is significantly worse than in the estuary. In particular, the salinity of the water in October 2024 reached 107‰. To improve the hydroecological conditions in the bay, it is recommended to improve its water exchange with the adjacent part of the Khadzhibey Estuary by clearing the shandors, channels in the dams, reducing the number of rapids in them, expanding the openings, and their timely and regular maintenance.

Key words: Khadzhibey Estuary, influence of factors, hydrological, hydrochemical regimes, hydrobiological indicators, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, ichthyofauna, fish productivity.