

УДК 574.5(262.5.05)

## АБІОТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЕКОСИСТЕМ СУХОГО І ГРИГОРІВСЬКОГО ЛИМАНІВ ЯК АКВАТОРІЙ МОРСЬКИХ ПОРТІВ (ПІВНІЧНО-ЗАХІДНА ЧАСТИНА ЧОРНОГО МОРЯ)

О. К. Виноградов, Ю. І. Богатова, І. О. Синьогуб

ДУ «Інститут морської біології Національної академії наук України»  
вул. Пушкінська, 37, 65048, Одеса, Україна, bogatovayu@gmail.com

Розглядаються розташування, походження, абіотичні особливості екосистем Сухого та Григорівського лиманів, перетворених у другій половині ХХ ст. в акваторії великих морських портів України – Чорноморськ та Південний відповідно. На підставі аналізу літературних даних і архівних матеріалів Інституту морської біології НАНУ надається порівняльна характеристика абіотичних умов цих екосистем. Показано, що спорудження постійних і глибоких проходів на акваторії лиманів, проведення великомасштабних днопоглиблювальних робіт призвело до їх перетворення у вузькі морські затоки з глибинами, що значно перевищують такі на прилеглих ділянках моря. Будівництво причалів супроводжувалося вирівнюванням берегової лінії, зміною профілю дна, збільшенням об'ємів води в лиманах більше, ніж в три рази. Тепер вони дорівнюють 45–55 млн м<sup>3</sup> в Сухому і 60–70 млн м<sup>3</sup> в Григорівському лимані. Сучасні абіотичні особливості екосистем обох лиманів визначаються процесами, які відбуваються в Одеському морському регіоні північно-західної частини Чорного моря, в межах якого вони розташовані. Гідрохімічний режим в лиманах залежить від метеорологічних особливостей року, інтенсивності водообміну з морем, кількості біогенних речовин, що мають як природне (поверхневий стік, опади), так і антропогенне походження, внутрішньо-водоємних процесів продукування і деструкції органічної речовини. Після поглиблення в лиманах з'явилися умови для формування гало- і термоклин, що утруднюють вертикальний водообмін. Відзначено формування зон з екстремальними значеннями розчиненого кисню – максимальні значення в поверхневому шарі обумовлені розвитком фотосинтезу, мінімальні в придонному – накопиченням і деструкцією мертвої органічної речовини. Отримана інформація може бути використана для передбачення наслідків, що виникають при аналогічних антропогенних утручаннях у функціонування прибережних морських екосистем.

**Ключові слова:** Сухий і Григорівський лимани; морські порти; екосистеми; абіотичні особливості; антропогенні впливи; північно-західна частина Чорного моря

### 1. ВСТУП

Під лиманами (від грецького «limen» – гавань, бухта) маються на увазі напівзамкнені прибережні водойми зазвичай витягнутої форми, які, як правило, утворюються в розширених гирлах річок, затоплених морем. Розрізняють відкриті лимани, що мають постійний зв'язок з морем, і закриті – постійно або більшу частину року відокремлені від моря піщаною косою (пересипом). Екосистеми лиманів належать до високопродуктивних, але дуже чутливих до швидких змін абіотичних умов як через природні причини, так і в результаті антропогенної діяльності [1, 2].

Сухий та Григорівський (Малий Аджалицький) лимани, які поряд із Хаджибейським, Куяльницьким та Дофінівським (Великим Аджалицьким) лиманами нерідко відносять до групи

Одеських лиманів, одночасно являються і компонентами Одеського морського регіону (ОМР). Північною межею ОМР прийнято вважати гирло Григорівського лиману, південною – гирло Сухого лиману. Морською межею ОМР є ізобата 20 м. Центральне положення на узбережжі регіону займає Одеська затока. Сухий лиман знаходиться за 20 км на південний захід від Одеської затоки, Григорівський – за 30 км на північний схід від нього.

Метою даної роботи було показати сучасні абіотичні умови (морфометричні характеристики, гідрологічні і гідрохімічні показники) існування гідробіонтів в екосистемах Сухого і Григорівського лиманів після перетворення їх в акваторії морських портів Чорноморськ і Південний відповідно.

Актуальність роботи визначається тим, що під впливом антропогенних і природних чинників в лиманах-портах постійно відбуваються зміни абіотичних умов, і, як наслідок, їх біот, що потребує перманентних досліджень і узагальнень. Дане узагальнення мінливості абіотичних умов для обох лиманів наведено вперше. Як матеріали для дослідження використувались опубліковані і архівні дані Інституту морської біології (ІМБ) НАНУ щодо походження, морфометричних характеристик, гідродинаміки, температури, солоності, кисневого режиму вод лиманів, вмісту у воді біогенних сполук, а також дані щодо гідробіологічних і екологічних особливостей лиманів, наслідків антропогенних утручань. Регулярні спостереження за екосистемами обох лиманів співробітниками ІМБ НАНУ виконуються з кінця 1990-х років.

У науковій літературі перші відомості про екосистему Сухого і Григорівського лиманів та використання їх ресурсів з'явилися у другій половині XIX ст. Публікації про абіотичні особливості і біотичні компоненти екосистем цих водойм вельми численні [3-16].

Багаторічні спостереження за змінами в біотичних складових екосистем Сухого і Григорівського лиманів під впливом різних антропогенних чинників сприяють розумінню процесів, що відбуваються при аналогічних утручаннях у функціонування прибережних морських екосистем.

## 2. РОЗТАШУВАННЯ ТА ПОХОДЖЕННЯ ЛИМАНІВ

Сухий і Григорівський лимани розташовані у прибережній смузі Причорноморської низовини на ділянці берега Дніпровсько-Дністровського міждержавного кордону поблизу м. Одеси. Вони належать до групи малих морських полігалінних лиманів з площею водного дзеркала до 6 км<sup>2</sup> і являють собою затоплені морем гирлові ділянки невеликих маловодних рівнинних річок. Сухий лиман утворився у долині річки Великий Дальник, а Григорівський – у долині річки Малий Аджалик. Лимани сформувалися близько 10–11 тис. років тому після останнього льодовикового періоду, коли в результаті танення льоду рівень Чорного моря значно піднявся і гирла та низовини річок опинилися під водою. Близькі до сучасного вигляду риси обидва лимани набули за останні 5,0–5,5 тис. років, коли рівень Чорного моря досяг позначок, близьких до теперішніх. У періоди трансгресій і регресій моря площа лиманів і глибини в них істотно змінювалися. Солоність води, характер донних відкладів та їх розподіл у лиманах

були пов'язані з водністю впадаючих до них річок, кількістю місцевих атмосферних опадів та наявністю або відсутністю зв'язку з морем. До початку антропогенних перетворень у другій половині XX ст. обидва лимани були відокремлені від моря піщаними косами, в яких внаслідок штормів чи в результаті антропогенної діяльності періодично з'являлися невеликі промійни і канали, тобто лимани мали періодичний зв'язок з морем, який іноді переривався на роки.

Близько 100 років тому Н.А. Загоровський [3] надав докладний опис фізико-географічних особливостей лиманів північно-західної частини Чорного моря (ПЗЧМ) та запропонував схему їхньої еволюції. По Н.А. Загоровському лимани проходять три етапи або стадії еволюції. На першому – річковому етапі – водно-сольовий режим визначається, передусім, річковим стоком. Цей етап має назву «потамолімен». У складі біоти важливу роль відіграють прісноводні гідробіоти. На другому етапі – морському – русло річки заповнюється наносами, її вплив слабшає і головним фактором стає зв'язок з морем. Лиман перетворюється на морську затоку, в якій провідну роль відіграють морські організми. Цей етап зветься «таласолімен». На третьому – власне лиманному етапі – зв'язок із морем, внаслідок утворення піщаної коси, послаблюється або повністю переривається. Сольовий склад води під впливом різних факторів (атмосферні опади, випаровування тощо) змінюється, біота набуває специфічних рис. Поступово ложа лиманів заповнюються наносами, водойми висихають і лише зрідка можуть заповнитися водою, перетворюючись з часом на солончаки. Це стадія «еулімена». До другої половини XX ст. екосистеми Сухого та Григорівського лиманів опинилися на етапі «еулімена».

В кожному з лиманів з початком етапу «еулімена» формувалися три основні зони: у верхній (кутовій) частині – зона з переважним впливом прісноводного стоку; в нижній – зона, яка перебуває під впливом моря; між ними – проміжна зона. При природному або штучному припиненні надходження прісної води таке зонування відсутнє.

Сучасні абіотичні особливості екосистем Сухого та Григорівського лиманів визначаються процесами, що відбуваються в ОМР, в межах якого вони розташовані (рис. 1).

ОМР знаходиться під впливом трансформованих, опріснених водних мас з Дніпровсько-Бузького лиману і урбанізованого теригенного стоку. Цей вплив посилюється в піки повеней багатоводних років. У максимальні за водністю

роки поверхневий шар моря (0–5 м) аж до Одеської затоки та мису Великий Фонтан може опріснюватися до 5 ‰. До морського гирла Сухого лиману ці води, зазвичай, не поширюються. Стік Дністра, через свою порівняльну маловодність і спрямованість переважно на південь, помітного впливу на регіон не надає.

Належить відзначити, що на узбережжі ОМР в містах Одеса, Чорноморськ і Південний постійно мешкають близько 1,3 млн осіб і чисельність населення у літній період зростає більш ніж удвічі. Така концентрація населення надає як прямий, так і опосередкований вплив на абіотичні та біотичні особливості екосистеми регіону.

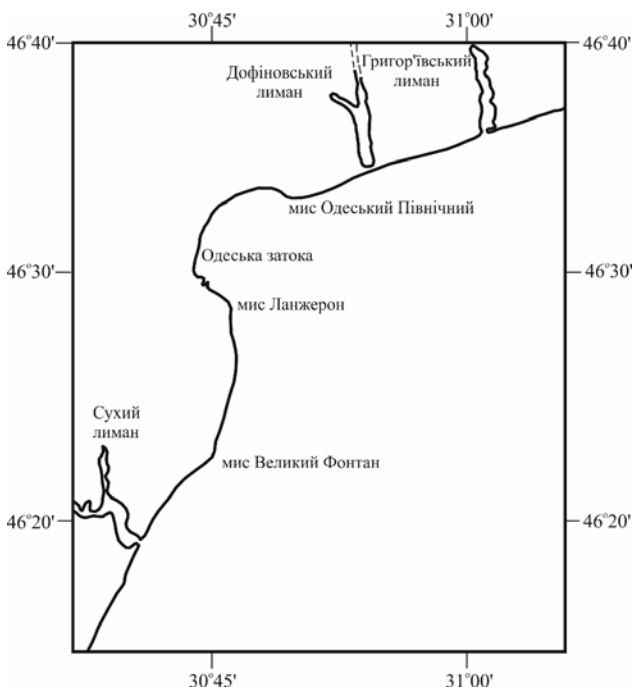


Рис. 1 – Карта-схема Одеського морського регіону  
Fig. 1 – Scheme map of the Odessa maritime region

Температурний режим ОМР багато в чому визначається циркуляційними умовами у приземному шарі атмосфери. Через Одеський регіон пролягає межа двох типів клімату – помірно-континентального та континентального, що сприяє нестійкості гідрометеорологічного режиму [10]. У регіоні за швидкостями та напрямками переважають північні, північно-східні та східні вітри. Для вод регіону характерні відгінно-нагінні процеси, а також формування двошарової структури вод зі значними вертикальними градієнтами температури і солоності. Протягом більшої частини року на глибинах 5–7 м і більше формується стійкий пікноклін – стрибок щільності, що ускладнює вертикальний водообмін.

### 3. МОРФОМЕТРИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА АНТРОПОГЕННІ ВТРУЧАННЯ

**Сухий лиман.** До початку будівництва морського порту (МП) в Сухому лимані і м. Чорноморськ (колишній Іллічівськ) слабкий вплив на його екосистему надавали населені пункти, розташовані на берегах лиману. В окремі роки водойма майже повністю пересихала, площа її водного дзеркала скорочувалася до 1 км<sup>2</sup>, тобто до 15–20 % від первісної; максимальна глибина лиману була 4–5 м, середня – близько 1,5 м. Солоність води внаслідок випаровування періодично зростала до 45–50 ‰, при цьому зі складу біоти лиману випадало багато видів гідробіонтів, тобто біорізноманіття зменшувалось.

Наприкінці 1957 р. у пересипу Сухого лиману був прорізаний судноплавний канал, розпочаті днопоглиблювальні роботи на акваторії, спорудження причалів МП, залізничних під'їзних колій та інших об'єктів інфраструктури, будівництво м. Чорноморськ. Спорудження дамби у вершині лиману, по якій було прокладено залізничне полотно, зменшило його довжину з 10 км до 7,2 км. У відокремленому верхів'ї в вершині річки Великий Дальник з'явилися невеликі рибоводні ставки [13]. Після перетворень в акваторії лиману природно виділяються три басейни розділені штучним островом Дамбовим – Південний, Центральний і Північний. Водообмін між Центральним і Північним басейнами послаблений за рахунок висунутих з обох берегів дамб, між якими тривалий час функціонувала понтонна автомобільна переправа. В теперішній час тут будується стаціонарний залізобетонний міст.

З морем Сухий лиман та МП Чорноморськ з'єднані підхідним каналом довжиною понад 1,5 км, шириною по дну 170 м та глибиною до 14,5–15,0 м. До МП веде штучний канал шириною 150 м та глибиною до 15 м. Вхід в канал захищений двома паралельними молами (шпорами), висунутими у море до глибини 5,2 м. З їх зовнішнього боку утворилися обширні піщані мілководдя, більш виражені уздовж лівої шпори. Будівництво молів та глибокого підхідного каналу послабило уздовжбереговий потік наносів, спрямований на південний захід, що спричинило розмивання берега в районі м. Чорноморськ. Площа поперечного перерізу проходу в Сухий лиман близько 2,5 тис. м<sup>2</sup>.

В теперішній час довжина Сухого лиману 7,2 км, середня ширина близько 1,5 км, площа водного дзеркала 5,7 км<sup>2</sup>. Середня глибина в

Південному та Центральному басейнах – 8,5 м, максимальна – 15 м. У Північному басейні днопоглиблення здійснювалося тільки у вузькому каналі, який веде до заводу залізобетонних виробів (функціонував до 1990-х років) і в теперішній час глибини у ньому зменшилися з 4,0–4,5 м до 2,5–3,0 м. Об'єм води в лимані був поступово збільшений з 12–15 млн м<sup>3</sup> до 45–55 млн м<sup>3</sup> [12, 14, 15]. Причали МП Чорноморськ розміщені переважно у Південному басейні, сумарна протяжність причалів та інших гідротехнічних споруд у лимані становить близько 8 км, площа їх підводних поверхонь – близько 80 тис. м<sup>2</sup>.

Південний та Центральний басейни лиману в теперішній час зазнають сильного антропогенного впливу внаслідок функціонування Чорноморського та Рибного портів, поромної залізничної переправи, поверхневого стоку з території м. Чорноморськ та інших населених пунктів. На східному березі Північного басейну з 2010-х років функціонує колектор стічних вод, опріснюючий і евтрофуючий вплив якого поширюється також на Центральний басейн. На більшій частині Північного басейну глибини не перевищують 1 м, дно вкрите товстим шаром напіврідкого осаду, який легко збаламучується. За останні роки характер берегів басейну суттєво змінився – майже на всій їх протяжності сформувалася широка смуга поселень очерету.

Таким чином, під впливом антропогенної діяльності в Сухому лимані зник пересип, змінилися рельєф ложа та берегів, динамічні, фізичні, гідрохімічні та гідробіологічні властивості лиманної води. Деякі зміни призвели до помітного покращання екологічної ситуації в Південному басейні [6, 9, 12] і в меншій мірі – в Центральному, а про Північний басейн цього сказати не можна.

**Григорівський лиман.** Першим масштабним втручанням людей в екосистему Григорівського лиману стало будівництво в його північній частині наприкінці 1960-х років дамби з мостом і вузьким каналом під ним і автомобільної дороги. Як наслідок, довжина водойми зменшилася з 11 км до 7,2 км. Довжина східного берега, переважно більш низького і пологого, – близько 7 км; західного, більш високого і крутого, – близько 5 км. Найбільша ширина лиману близька до 1,2 км, середня – 0,8 км, площа водяного дзеркала становить 5,8 км<sup>2</sup>.

До будівництва Одеського припортового заводу (ОПЗ) та МП Південний прямий або опосередкований антропогенний вплив на екосистему лиману чинили населені пункти, птахофабрика

та тваринницькі ферми, розташовані на його берегах.

Найбільші зміни в екосистемі Григорівського лиману пов'язані з будівництвом у середній частині західного берега ОПЗ причалів для суден, що транспортують його продукцію, а також зі спорудженням глибоководних причалів та інфраструктури порту Південний на протилежному березі у найширшій частині водойми. Попередні роботи з будівництва підхідного каналу, проходу в лиман і днопоглиблення в його пригирлової частині були розпочаті у 1971 р., а масштабні днопоглиблювальні роботи і будівництво на узбережжі водойми причалів та інших споруд порту – в серпні 1973 р.

ОПЗ призначався головним чином для виробництва, акумулювання і великотоннажного зберігання карбаміду, аміаку, метанолу та ряду інших речовин, токсичних для гідробіонтів. В експлуатацію ОПЗ був введений в 1978 р. Окрім причалів ОПЗ, на західному березі лиману поблизу проходу знаходиться причал для перевантаження піску, у верхній частині – термінал з обробки рідких олій та зерновий термінал. На східному березі в нижній частині лиману розташований нафтотермінал, у середній – термінали МП Південний, що здійснюють перевалку генеральних та навалочних вантажів, у верхній частині – причали компанії «Трансінвестсервіс». В 2019–2020 роках у вершинній частині лиману вздовж дамби, якою проходить автомобільна дорога, побудований глибоководний причал довжиною близько 400 м.

До початку будівництва МП Південний глибини на більшій частині Григорівського лиману не перевищували 2,0–2,5 м, у центральній частині водойми вони сягали 5–6 м, а в найглибшому місці – 8 м. Днопоглиблювальні роботи в лимані від проходу до вершини проводили у кілька етапів. У 2019–2020 роках глибини на фарватері та біля ряду причалів були доведені до 21–22 м. МП Південний став найбільш глибоководним портом України та одним із найбільш глибоководних портів на Чорному морі.

На відміну від Сухого лиману, у Григорівському немає поділу на басейни – він є єдиною акваторією від проходу до вершинної частини.

До МП Південний у морі прокладено підхідний канал довжиною близько 4 км, шириною по дну 170 м і глибиною 21–22 м. Вхід до лиману захищений двома висунутими у море молами (шпорами) – Східним та Західним. Як і у випадку з Сухим лиманом, навколо молів сформувалися піщані мілководдя. Площа поперечного перерізу проходу в Григорівський лиман стано-

вить понад 3,5 тис. м<sup>2</sup>. Загальна довжина гідротехнічних споруд у лимані близька до 8 км, площа їх підводних поверхонь – 110 тис. м<sup>2</sup>. На відміну від Сухого лиману, в якому глибоководні причали тісно розташовані вже безпосередньо поблизу від проходу, в Південному та Центральному басейнах, у Григорівському лимані причали розташовані на окремих, віддалених одна від одної ділянках берега переважно в середній і верхній частинах водойми.

Таким чином, після спорудження постійних і глибоких проходів на акваторії обох лиманів та проведення в них великомасштабного днопоглиблення, вони перетворилися у вузькі морські затоки з глибинами, що значно перевищують такі в прилеглих ділянках моря. Днопоглиблення та будівництво причалів призвели до вирівнювання та спрощення берегової лінії, зміни профілю дна в обох лиманах. У пригирловій частині Григорівського лиману, на відміну від Сухого, є піщані і мулистопіщані мілководдя, які добре промиваються, а вище як біля західного, так і східного берегів на ділянках, не порушених гідробудівництвом, зберігаються черепашково-піщані коси довжиною до 10–30 м, а також окремі кам'яні ділянки, які відсутні в Сухому лимані. Топічне розмаїття умов у Григорівському лимані значно більше, ніж у Сухому.

#### 4. ГІДРОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ

Гідрологічні і гідрохімічні особливості екосистем Сухого та Григорівського лиманів тісно пов'язані і синхронізовані зі змінами водних мас безпосередньо на прилеглих до них ділянках моря. Вони зазвичай визначаються процесами, що відбуваються в ОМР і у всій ПЗЧМ, а також внутрішньо водомийними процесами, властивими кожному з них. Завдяки широким і глибоким проходом на акваторії, обидва лимани набули спроможність інтенсивно обмінюватися водними масами із сусідніми ділянками моря. Водообмін відбувається, насамперед, завдяки дрейфовим та компенсаційним течіям. Основною причиною їх виникнення є вітер. За вітрів різних напрямків та сили об'єм води в обох лиманах змінюється. Після антропогенних втручань об'єм води в них збільшився більш ніж утричі і становить близько 45–55 млн м<sup>3</sup> у Сухому лимані та 60–70 млн м<sup>3</sup> – у Григорівському. Хоча наявність штучних проходів у лимані і сприяє водообміну з морем, він, однак, має пульсуючий характер і значно поступається вільному водообміну в прибережних екосистемах моря.

У лиманах, як і на прилеглий акваторії ОМР, розвиваються вітрові хвилі. Однак, завдяки оголоженості акваторій високими берегами та гідротехнічними спорудам, хвилі в лиманах не досягають таких же розмірів як безпосередньо в морі. При дії сильних осінніх та зимових штормових вітрів рідкісної повторюваності висота хвиль може досягати 0,7–1,1 м, а довжина – до 20–25 м. Сейшові коливання рівня не перевищують 0,3–0,4 м. Відгінно-нагінні вітри дають імпульс для зміни води в лиманах. Навіть при порівняно слабких вітрах 4–7 м·с<sup>-1</sup> зміна води через глибоководні проходи може відбуватися за десятки годин [11, 12, 14, 15]. Повторюваність значних відгінно-нагінних явищ з року в рік змінюється і становить в середньому п'ять разів [10]. У водообміні беруть участь, насамперед, поверхневі водні маси (3–5 м) акваторій лиманів. Морфометричні особливості обох водойм – відносно невеликі розміри, орієнтація з півночі на південь Григорівського лиману і з заходу на схід Сухого, призводять до виникнення сильних дрейфових та компенсаційних течій за штормових вітрів відповідних напрямків. При цьому гідрологічні умови швидко змінюються. У проході з моря до Сухого лиману під дією відгінних та нагінних вітрів швидкості течій досягають  $\geq 0,4\text{--}0,8\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ . Швидкості компенсаційних течій після нагону в лимані на 15–20 % більші за швидкості з моря в лиман. Через прохід до лиману може втікати і витікати від 680 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup> до 1360 м<sup>3</sup>·с<sup>-1</sup> води. Теоретично вода в Сухому лимані може повністю змінюватися кілька разів на рік [12].

В Григорівському лимані максимальні швидкості течій на поверхні зазвичай не перевищують 0,3 м·с<sup>-1</sup>, а біля дна – 0,15 м·с<sup>-1</sup>. У проході на акваторію лиману періодично спостерігається потужна течія, спрямована з моря. Фіто- та зоопланктонні організми, ікра, личинки та ранні мальки риб не здатні протистояти таким течіям і разом з водними масами заносяться до лиману [11].

Вітри північних напрямків – для Григорівського лиману і західних – для Сухого викликають відгін, за якого відбувається винос поверхневої водної маси з лиманів у море та виникають компенсаційні течії у придонному шарі, спрямовані з моря у водойми. Більшу частину року це сприяє оновленню вод придонного шару лиманів відносно чистими морськими, але влітку, коли на прилеглих до них ділянках моря може розвиватися гіпоксія, це призводить до погіршення кисневого режиму вод в лиманах. Окрім того у навітряних берегів у верхів'ях лиманів через апвелінг можуть формуватися зони інтенсивного

продукування органічної речовини водоростями. Під час нагонів придонна водна маса, багата біогенними речовинами і мертвою органічною речовиною, але бідна на кисень, витікає з лиманів по судноплавним каналам, а до лиманів втікає морська вода.

Більшу частину року в глибоководних ділянках акваторій Сухого та Григорівського лиманів спостерігається двошарова структура водних мас, розділена сезонним пікнокліном (стрибком щільності), що виникає при великій відмінності температури та солоності поверхневих та придонних вод, і утруднює вертикальний водообмін від поверхні до дна. Провідну роль у формуванні сезонного пікнокліну відіграє весняно-літній прогрів поверхневих вод, а навесні свій внесок надає їх додаткове розпріснення. Зазвичай поверхневий шар утворює тепліша і легша вода, що містить високу концентрацію кисню, а придонний – холодніша, більш солоні і щільна вода з низьким вмістом кисню [11, 14, 15]. Формування сезонного пікнокліну у весняно-літній період року в глибоких лиманах створює передумови для розвитку гіпоксії та аноксії у придонному шарі вод внаслідок слабкої їх вентиляції.

Вертикальна однорідність води відзначається зазвичай в осінньо-зимовий період року внаслідок охолодження поверхневих вод та сильного вітрово-хвильового перемішування від поверхні води до глибин 15–20 м під час штормів. Потужні осінньо-зимові шторми та перемішування води до великих глибин сприяють виведенню мертвої органічної речовини, що накопичується в теплий період року, змучуючи і приводячи в рух донні відклади.

Температура води в лиманах, мінливість якої носить сезонний характер, є одним з найважливіших чинників, що регулюють біологічні та екологічні процеси у водоймах. У поверхневому шарі вод Сухого і Григорівського лиманів температура влітку може підвищуватися до 28–30 °С, а на мілководдях біля берега навіть більше. Однак вже на глибині 2 м температура зазвичай не перевищує 24 °С. В глибоких частинах лиманів відмінність у температурі між поверхневим та придонними шарами води влітку може сягати 20 °С. В окремі холодні зими температура поверхневого шару води може падати до 0 °С і на мілководдях, в особливо холодні роки, може утворюватися крига. При сильних відгінно-нагінних явищах в ОМР і лиманах перепади температури протягом доби можуть становити 10–12 °С. Внутрішньорічний перебіг температури поверхневого горизонту води в обох лиманах вказує, що максимум припадає на серпень і пер-

шу половину вересня (пік літнього гідрологічного сезону), а мінімум – на лютий (пік зимового) та збігається із середньобігаторічним внутрішньорічним перебігом температури в ОМР [11, 14, 15].

Солоність води для гідробіонтів є не менш важливим екологічним чинником, ніж температура. Для Сухого лиману звичайною є солоність 14–16 ‰. У поверхневому шарі Центрального басейну діапазон коливань солоності становить 5,3–18,0 ‰. Відмінності у значеннях солоності в поверхневому та придонному шарах води можуть складати 10–12 ‰ і зберігатися протягом всього року. Це свідчить, що навіть у зимовий період у лимані не відбувається повне перемішування води, утруднене формуванням галокліну.

У 1950-х–1970-х роках, до розкриття пересипу, солоність води у північній частині Григорівського лиману коливалася від 11 ‰ до 13 ‰, в середній та південній частинах – від 15 ‰ до 18 ‰. За наявності прорви в пересипу, під час весняної повені на Дніпрі та Південному Бузі водні маси, що проникали з прилеглого узмор'я, сприяли повному водооновленню лиману і солоність іноді знижувалася до 3–4 ‰, а влітку, в результаті випаровування, зростала до 30 ‰ і вище. Найбільша солоність води (33,4 ‰) у водоймі була відзначена у 1926 р. Нині, за наявності каналу, мінімальні значення солоності 3,5–5,0 ‰ у поверхневому шарі лиману спостерігаються навесні багатководних років, у період повені на Дніпрі при східному чи південно-східному вітрах. Навесні в лимані формується пікноклін і встановлюється двошарова галинна структура: у верхньому шарі, товщиною 3–5 м, солоність становить 7–8 ‰, а в придонному – 15–17 ‰. В літній період значення солоності зближуються [11, 14, 15]. Внутрішньорічний перебіг солоності води поверхневого шару в обох лиманах більшу частину року відповідає перебігу солоності в ОМР та визначається адвекцією вод відповідно до їх загальної циркуляції уздовж північного берега ПЗЧМ. Розподіл солоності в придонному шарі води обох лиманів і, перш за все, в судноплавних каналах і біля причалів, характеризується слабкою сезонною мінливістю і високими показниками солоності – 16–18 ‰.

Кисневий режим води у лиманах визначає життєдіяльність всіх груп багатоклітинних та багатьох груп одноклітинних гідробіонтів та бактерій, а також мінливість гідрохімічних параметрів їх екосистем, що, так чи інакше, впливає на всі водні організми. У воду кисень надходить як з атмосфери внаслідок газообміну через

водну поверхню, так і внаслідок фотосинтетичної діяльності фітопланктону та макрофітів. Газообмін з атмосферою (інвазія або евазія) регулює вміст кисню у воді близько до значення, яке відповідає 100 % насиченню. Збільшення вмісту кисню понад 100 % насичення забезпечується за рахунок фотосинтезу та може сягати 150–200 % і більше. Насиченість води киснем менше 100 % свідчить про значне витрачання його на біохімічне окиснення та біологічне розкладання (деструкцію) мертвої органічної речовини, яке переважає утворення кисню за рахунок фотосинтезу. Всі ці прояви мають місце в екосистемах Сухого та Григорівського лиманів, особливо у придонному горизонті води глибоководних ділянок [5, 9, 11, 12, 14, 15].

У літній період у поверхневому шарі води Сухого лиману зафіксовано максимальний вміст кисню –  $15,7 \text{ мгО}_2 \cdot \text{дм}^{-3}$  (189 % насичення). У деякі сезони року вміст кисню в придонному шарі знижується до  $0,8\text{--}1,1 \text{ мгО}_2 \cdot \text{дм}^{-3}$  при насиченні всього 10–15 %. Неприятливі кисневі умови, як правило, виникають в мілководному Північному басейні вже в травні, а з подальшим прогрівом водних мас на окремих ділянках лиману відзначають і нульовий вміст кисню.

У багаторічній мінливості вмісту розчиненого кисню у воді Григорівського лиману відзначені добре виражені коливання з літніми максимумами в поверхневому горизонті (до  $15\text{--}16 \text{ мгО}_2 \cdot \text{дм}^{-3}$ , більше 190 % насичення) та мінімумами (гіпоксія, аноксія) на придонному горизонті (менше 30 % насичення). Формування зон з екстремальними значеннями розчиненого кисню у теплий період року обумовлено розвитком фотосинтезу у поверхневому шарі та накопиченням і деструкцією мертвої органічної речовини на дні. Гіпоксію у придонному шарі в теплий період року відзначали як у південній глибоководній частині лиману, так і в його північній мілководній частині. У глибоководній зоні придонна гіпоксія може бути викликана підходом холодних соляних вод з низьким вмістом кисню і слідами сірководню з прилеглої ділянки відкритого моря після тривалих вітрів північних румбів, які обумовлюють відгін поверхневих вод з лиману. При цьому створюється компенсаційна течія у придонному шару із моря в лиман. Для холодної пори року, коли відбувається згасання продукційних процесів, характерний рівномірний розподіл розчиненого у воді кисню від поверхні до дна. В окремі роки, наприклад в серпні 1995 р., на початку жовтня 2007 р., після серії відгінних вітрів у придонному горизонті практично по всій акваторії лиману насичення води киснем не пе-

ревищувало 30 %. Такі показники кисню є критичними для організмів бентосу.

Важливим для гідробіонтів чинником є величина рН. Морська вода в нормі має рН 8,1–8,3. З цієї причини вуглекислий газ, необхідний автотрофам, добре в ній розчиняється і його дефіцит не спостерігається. У Південному та Центральному басейнах Сухого лиману у поверхневому шарі води відзначені коливання величини рН від 8,2 до 9,2. У Північному басейні рН інколи знижується до 7,2–7,5 і в придонному шарі ці показники відзначаються протягом більшої частини року. У воді Григорівського лиману величина рН коливається від 7,5 біля дна до 9,2 в поверхневому шарі. В теплий період року при масовому розвитку фітопланктону і «цвітінні» води величина рН досягає максимальних значень 8,8–9,2, а в придонному шарі при деструкції органічної речовини (ОР) та гіпоксії величина рН знижується до 7,2–7,8. У холодну пору року значення рН від поверхні до дна досить близькі – 8,3–8,4 [10, 11].

Біогенні речовини – сполуки біогенних елементів, які беруть участь у життєдіяльності водних організмів при створенні первинної продукції органічної речовини (ОР) в процесі фотосинтезу. У воді Сухого лиману відзначається висока концентрація біогенних речовин, які забезпечують продукування ОР (табл. 1).

Діапазон мінливості вмісту біогенних речовин у воді Сухого лиману значно вищий, ніж в прилеглій акваторії моря. Виняток – вміст мінеральних сполук азоту, який в лимані нижчий. Це пов'язано з високою швидкістю споживання в лимані мінеральних сполук азоту для створення нової ОР. Відзначено, що домінування окисненої форми азоту – нітратів ( $\text{NO}_3^-$ ) над відновленою – амонійною ( $\text{NH}_4^+$ ) спостерігається лише ранньою весною у Південному та Центральному басейнах лиману. Влітку, у зв'язку з підвищенням інтенсивності процесів деструкції, вміст ОР знижується і різко підвищується вміст відновленої форми азоту –  $\text{NH}_4^+$  [9, 10, 14, 15].

Необхідно відзначити важливу роль донних відкладів Григорівського лиману в евтрофуванні його вод. Відомо, що надходження біогенних речовин з донних відкладів у водних екосистемах за рахунок іонного обміну на геохімічній межі «вода-дно» є істотним резервом для біологічної продуктивності і одним з важливих компонентів біогеохімічного балансу. Концентрації біогенних речовин в порових розчинах донних відкладів (вода в інтерстиціальних просторах мулу), які щорічно поповнюються відмерлою ОР фітопланктону, на порядок і більше перевищу-

ють їх концентрації у водній товщі лиману (табл. 2). Дифузія мінеральних і ОР з порових розчинів в придонний шар лиману, яка посилюється під час розвитку гіпоксії і при проведенні днопоглиблювання, сприяє збагаченню водної товщі цими сполуками та викликає її евтрофування.

Для води Григорівського лиману, як і Сухого, характерний високий рівень розчиненої ОР, що свідчить про високий вміст в ній легкоокислюваної ОР (продукти метаболізму гідробіонтів, відмерлий бактеріо-, фіто- та зоопланктон, ОР антропогенного походження). Сезонна мінливість розчиненої ОР (за даними БСК<sub>5</sub>) дуже значна – від менше 1 мгО<sub>2</sub>·дм<sup>-3</sup> до 6–7 мгО<sub>2</sub>·дм<sup>-3</sup> [5, 11, 15].

В екосистемах лиманів продукція первинної, а зазвичай і вторинної ОР вища, ніж в прилеглих ділянках моря, і в них утруднено виведення надлишків ОР. Таке поєднання умов гальмує бактеріальну деструкцію ОР в кисневих умовах і супроводжується її накопиченням. Це сприяє формуванню стійких зон гіпоксії та аноксії, появи сірководню в донних відкладах і в придонному горизонті. Найбільш інтенсивно процес утворення сірководню йде у верхньому шарі відкладів (мулів) товщиною 1-2 см і рідко проникає глибше 10 см.

Мертва ОР у зваженому та розчиненому стані є потенційним джерелом розчинених мінераль-

них сполук азоту та фосфору, що використовуються водними автотрофами. Анаеробна мінералізація мертвої ОР відбувається при концентрації кисню не менше 3 мгО<sub>2</sub>·дм<sup>-3</sup> і закінчується утворенням нітратів і ортофосфатів, які легко засвоюються автотрофами. Особливо активно мінералізація ОР відбувається на мілководдях лиманів в теплий період року. В анаеробних умовах, що складаються на дні лиманів, деструкція завершується утворенням амонійного азоту та більш токсичних нітритів.

Гідрохімічний режим в лиманах – акваторія морських портів, залежить від метеорологічних особливостей року, інтенсивності водообміну з морем внаслідок вітрової дії, кількості біогенних речовин, що мають як природне (поверхневий стік, атмосферні опади), так і антропогенне походження, внутрішньо-водоємних процесів продуктування і деструкції ОР. В цих екосистемах рівень мінеральних і органічних сполук азоту і фосфору стабільно високий і не лімітує розвиток продукційних процесів.

Зведені відомості про деякі абіотичні характеристики Сухого та Григорівського лиманів, які можуть впливати на особливості розвитку біотичних компонент водної екосистеми, наведені у табл. 3.

**Таблиця 1** – Середні значення деяких гідрохімічних показників в Сухому лимані і прилеглий частині моря (за даними моніторингу 2014–2015 рр.)

**Table 1** – Average values of some hydrochemical indicators in the Sukhyi Estuary and the adjacent part of the sea (according to monitoring data of 2014–2015)

Місце	N <sub>мін</sub>	N <sub>орг</sub>	P <sub>мін</sub>	P <sub>орг</sub>	Si, мг·дм <sup>-3</sup>	POP*, мгО <sub>2</sub> ·дм <sup>-3</sup>	S, %	O <sub>2</sub> , % нас.
	мгN·дм <sup>-3</sup>		мгP·дм <sup>-3</sup>					
Лиман	0,050	1,77	0,105	0,143	2,24	4,97	15,57	100,7
Море	0,092	0,92	0,025	0,012	0,91	2,91	16,00	104,0

\*POP – розчинену органічну речовину визначали за БСК<sub>5</sub>

**Таблиця 2** – Середні значення деяких гідрохімічних показників в Григорівському лимані і прилеглий частині моря (за даними моніторингу 2014–2016 рр.)

**Table 2** – Average values of some hydrochemical indicators in the Grygorivskiy Estuary and the adjacent part of the sea (according to the monitoring data of 2014–2016)

Місце	N <sub>мін</sub>	N <sub>орг</sub>	P <sub>мін</sub>	P <sub>орг</sub>	Si, мг·дм <sup>-3</sup>	POP*, мгО <sub>2</sub> ·дм <sup>-3</sup>	S, %	O <sub>2</sub> , % нас.
	мгN·дм <sup>-3</sup>		мгP·дм <sup>-3</sup>					
Лиман	0,034	0,61	0,033	0,034	2,31	3,70	15,8	130,6
Море	0,030	0,47	0,020	0,029	1,54	2,72	14,2	119,9
Порові розчини**	0,380	5,90	0,875	0,611	9,25	26,64	–	–

\*POP – розчинену органічну речовину визначали за БСК<sub>5</sub>;

\*\* – порові розчини донних відкладів лиману



**Таблиця 3** – Порівняльна характеристика абіотичних показників акваторій та водних мас Сухого та Григорівського лиманів  
**Table 3** – Comparative characteristics of abiotic indicators of water areas and water masses of the Sukhyi and Grygorivskiy Estuaries

Показник	Лиман	
	Сухий	Григорівський
Площа водозбору, км <sup>2</sup>	347	343
Прісноводний стік	зарегульований	зарегульований
Зв'язок з морем	постійний	постійний
Особливості акваторії	розділена на три басейни	єдина
Довжина акваторії, км	7,2	7,2
Середня ширина акваторії, км	1,5	0,8
Максимальна ширина акваторії, км	3,0	1,2
Площа акваторії, км <sup>2</sup>	5,7	5,8
Середня глибина, м	8,5	13,0
Максимальна глибина, м	15	22
Об'єм води, млн м <sup>3</sup>	45–55	60–70
Ширина проходу на акваторію по дну, м	150	170
Глибина проходу, м	15	22
Площа поперечного перерізу проходу на акваторію, м <sup>2</sup>	≈ 2500	≈ 3500
Довжина причалів, м	≈ 8000	≈ 8000
Підводна площа гідротехнічних споруд, м <sup>2</sup>	≈ 80000	≈ 110000
Висота хвиль, м	0,4–1,0	0,5–1,1
Довжина хвиль, м	20–25	20–25
Прозорість води, м	0,2–1,0	0,5–2,5
Температура води, °С	до 28–30	до 28–30
Солоність води, ‰	7,0–17,5	3,5–17,5
Лужність, рН одиниць	7,2–9,2	7,5–9,2
Вміст кисню в товщі води, мг·дм <sup>-3</sup>	5,0–15,0	5,0–15,0
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> ·дм <sup>-3</sup>	1,5–7,0	0,8–7,0

Як свідчать данні наведені у таблиці, в результаті антропогенної перебудови абіотичні умови в обох лиманах стали багато в чому подібними. Розвиток продукційних процесів в лиманах не лімітований рівнем біогенних речовин. Однак в Сухому лимані екологічні умови існування гідробіонтів істотно погіршуються від Південного басейну до Північного, тобто по мірі зменшення водооновлення морськими водами, тоді як в Григорівському лимані сприятливі умови зберігаються аж до самої вершини.

Внаслідок змін, умови існування гідробіонтів у лиманах наблизились до умов у прилеглих районах моря. Склад біот в обох лиманах збільшився у порівнянні з станом до початку будівництва портів і схожий [10, 11, 13].

## 5. ВИСНОВКИ

В роботі відзначено, що Сухий і Григорівський лимани до середини ХХ ст. знаходилися на третьому, завершальному етапі своєї еволюції – «еулімена» (за класифікацією Н.А. Загорівського, 1927): водойми були ізольовані від моря при значній варіабельності абіотичних умов, завдяки чому склад біотичного компонента їхніх екосистем був збідненим. Внаслідок будівництва в акваторії лиманів морських портів Чорноморськ і Південний, постійних широких і глибо-

ких підхідних каналів, днопоглиблення в акваторії лиманів, відбулося перетворення їх в морські затоки, абіотичні умови в яких стабілізувалися і наблизилися до таких, як у прилеглих районах моря. Відбулося омолодження екосистем і повернення їх на попередній етап еволюції – «тала-солімена», завдяки чому біологічне різноманіття зросло.

У теперішній час особливості абіотичних умов них визначаються: (1) умовами водообміну з відкритим морем через судноплавні канали, насамперед, внаслідок ініційованих вітром відгінно-нагінних коливань рівня моря; (2) утворенням різко вираженого пікнокліну у вертикальному розподілі щільності води, який значно зменшує інтенсивність вертикального масо і газообміну між поверхневим і придонним шарами води, внаслідок як прогріву, так і розпріснення поверхневого шару вод..

Незважаючи на постійний зв'язок лиманів-портів з морем, водообмін з ним утруднений, а наявність вертикальної стратифікації водних мас веде до накопичення мертвої органічної речовини в придонному шарі, гіпоксії, аноксії, утворення сірководню.

Донні відклади лиманів-портів щорічно поповнюються відмерлою органічною речовиною фітопланктону, містять значну кількість мінеральних і органічних сполук. Завдяки обміну на

геохімічній межі «вода-дно», якій посилюється під час розвитку гіпоксії і при проведенні днопоглиблювання, вони є істотним резервом для біологічної продуктивності водойм та сприяють розвитку евтрофування.

Перспектива подальших досліджень полягає в детальному аналізі того, як описані абіотичні особливості екосистем Сухого і Григорівського лиманів впливають на їх біотичні компоненти.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев : Гл. ред. МСЭ, 1990. 408 с.
- Реймерс И. Ф. Природопользование: словарь-справочник. Москва : Мысль, 1990. 637 с.
- Загоровский Н. А. Материалы к физико-географическому описанию лиманов Северного Причерноморья. *Украинский бальнеологический сборник*. 1927. Вып. 2–3. С. 89–142.
- Розенгурт М. Ш. Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. Киев : Наукова думка, 1974. 224 с.
- Современное состояние экосистемы Аджалыкского лимана / Рясинцева Н. И. и др. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь, 2000. С. 114–126.
- Старушенко Л. И., Бушуев С. Г. Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. Одесса : Астропринт, 2001. 151 с.
- Нестерова Д. А. Фитопланктон Григорьевского лимана и сопредельной части Черного моря в современных условиях. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія*. 2001. № 3 (14). С. 77–78.
- Нестерова Д. А. Фитопланктон Сухого лимана и сопредельной части Черного моря. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь, 2002. Вып. 1 (6). С. 328–337.
- Характеристика экологического состояния Сухого лимана / Павлютина Л. П. и др. *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. Севастополь, 2005. Вып. 12. С. 120–128.
- Северо-западная часть Черного моря: биология и экология / отв. ред. Ю. П. Зайцев, Б. Г. Александров, Г. Г. Миничева. Киев : Наукова думка, 2006. 701 с.
- Экосистема Григорьевского (Малого Аджалыкского) лимана / под ред. А. К. Виноградов. Одесса : Астропринт, 2008. 263 с.
- Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В. Природа Причерноморских лиманов. Одесса : Астропринт, 2011. 276 с.
- Виноградов А. К., Хуторной С. А. Ихтиофауна Одесского региона северо-западной части Черного моря (биологические, экологические, эколого-морфологические особенности). Одесса : Астропринт, 2013. 224 с.
- Виноградов А. К., Богатова Ю. И., Синегуб И. А. Экосистемы акваторий морских портов Черноморско-Азовского бассейна (Введение в экологию морских портов). Одесса : Астропринт, 2012. 528 с.
- Виноградов А. К., Богатова Ю. И., Синегуб И. А. Экология морских портов Черноморско-Азовский бассейн. Одесса : Астропринт, 2014. 568 с.
- Виноградов А. К., Богатова Ю. И., Синегуб И. А. Роль портов и судоходства в формировании морских биот (неполносолёные моря Европы). Одесса : Астропринт, 2018. 500 с.

## REFERENCES

- Dediu, I.I. (1990). *Ekologicheskij entsiklopedicheskij slovar' [Ecological Encyclopedic Dictionary]*. Kishinev: Gl. red. MSE (in Russ.).
- Reymers, I.F. (1990). *Prirodopol'zovaniye: slovar'-spravochnik [Nature management: a dictionary-reference book]*. Moscow: Mysl' (in Russ.).
- Zagorovskiy, N.A. (1927). Materialy k fiziko-geograficheskomu opisaniyu limanov Severnogo Prichernomor'ya [Materials for the physical and geographical description of the estuaries of the Northern Black Sea region]. *Ukrainskiy bal'neologicheskij sbornik – Ukrainian balneological collection*, 2-3, pp. 89-142 (in Russ.).
- Rozenгурt, M.Sh. (1974). *Gidrologiya i perspektivy rekonstruktsii prirodnykh resursov Odesskikh limanov. [Hydrology and prospects for the reconstruction of the natural resources of the Odessa estuaries]*. Kyiv: Naukova dumka (in Russ.).
- Ryasintseva, N.I. et al. (2000). Sovremennoye sostoyaniye ekosistemy Adzhalyk'skogo limana [Current state of the ecosystem of the Adzhalyk estuary]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoye ispol'zovaniye resursov shel'fa – Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*, pp. 114-126 (in Russ.).
- Starushenko, L.I., & Bushuyev, S.G. (2001). *Prichernomorskiye limany Odessskichiny i ikh rybokhozaystvennoye ispol'zovaniye [Black Sea estuaries of the Odessa region and their fishery use]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
- Nesterova, D.A. (2001). Fitoplankton Grigor'yevskogo limana i sopredel'noy chasti Chernogo morya v sovremennykh usloviyakh [Phytoplankton of the Grigorievsky estuary and the adjacent part of the Black Sea in modern conditions]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho. univertytetu imeni Volodymyra Hnatyuka – Scientific Notes of the Ternopil National Pedagogical Institute. University named after Volodymyr Gnatyuk*, 3 (14), pp. 77-78 (in Russ.).
- Nesterova, D.A. (2002). Fitoplankton Sukhogo limana i sopredel'noy chasti Chernogo moray [Phytoplankton of the Sukhoy estuary and the adjacent part of the Black Sea]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoye ispol'zovaniye resursov shel'fa – Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*, 1 (6), pp. 328-337 (in Russ.).
- Pavlyutina, L.P. et al. (2005). Kharakteristika ekologicheskogo sostoyaniya Sukhogo limana [Characteristics of the ecological state of the Sukhoy estuary]. *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoye ispol'zovaniye resursov shel'fa – Ecological safety of coastal and shelf zones and integrated use of shelf resources*, 12, pp. 120-128 (in Russ.).
- Zaytsev, Yu.P., Aleksandrov, B.G. & Minicheva, G.G. (Ed.). (2006). *Severo-zapadnaya chast' Chernogo morya: biologiya i ekologiya [North-western part of the Black Sea:*

- biology and ecology*]. Kyiv: Naukova dumka (in Russ.).
11. Vinogradov, A.K. (Ed). (2008). *Ekosistema Grigor'evskogo (Malogo Adzhalykского) limana [Ecosystem of the Grigorievsky (Small Adzhalyk) estuary]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
  12. Shuyskiy, Yu.D., & Vykhoanets, G.V. (2011). *Priroda Prichernomorskikh limanov [The nature of the Black Sea estuaries]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
  13. Vinogradov, A.K., & Khutornoy, S.A. (2013). *Ikhtiofauna Odesskogo regiona severo-zapadnoi chasti Chernogo morya (biologicheskoye, ekologicheskoye, ekologo-morfologicheskoye osobennosti) [Ichthyofauna of the Odessa region of the northwestern part of the Black Sea (biological, ecological, ecological and morphological features)]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
  14. Vinogradov, A.K., Bogatova, Yu.I., & Sinegub, I.A. (2012). *Ekosistemy akvatoriy morskikh portov Chernomorsko-Azovskogo basseyna (Vvedeniye v ekologiyu morskikh portov) [Ecosystems of marine ports aquatories of the Black-Azov Sea basin (Introduction to the ecology of marine ports)]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
  15. Vinogradov, A.K., Bogatova, Yu.I., & Sinegub, I.A. (2014). *Ekologiya morskikh portov (Chernomorsko-Azovskiy basseyn) [Marine ports ecology (the Black-Azov basin)]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).
  16. Vinogradov, A.K., Bogatova, Yu.I., & Sinegub, I.A. (2018). *Rol' portov i sudokhodstva v formirovanii morskikh biot (nepolnosolenyye morya Yevropy) [The role of ports and shipping in the formation of marine biotas (the non-saline seas of Europe)]*. Odessa: Astroprint (in Russ.).

## ABIOTIC FEATURES OF SUKHYI AND GRYGORIVSKYI ESTUARIES' ECOSYSTEMS AS SEAPORT WATER AREAS (NORTHWESTERN PART OF THE BLACK SEA)

A. K. Vinogradov, Yu. I. Bogatova, I. A. Synyogub

*Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
37, Pushkinska St., 65048 Odesa, Ukraine. bogatovayu@gmail.com*

The article studies the location, origin and abiotic features of the ecosystems of Sukhyi and Grygorivskiy Estuaries that were transformed into water areas of Chornomorsk and Yuzhnyi, the major seaports of Ukraine, in the second half of the 20th century. It also presents a comparison of the abiotic conditions of such ecosystems based on the analysis of published data and additional database materials of the Institute of Marine Biology of the National Academy of Sciences of Ukraine.

The construction of permanent and deep watercourses in the water areas of the estuaries alongside with large-scale dredging works led to their transformation into narrow sea bays with the depths significantly exceeding those in the adjacent sea. The construction of berths included levelling the coastline, changing the bottom profile and increasing the water volumes by more than three times. Now the volumes amount to 45–55 million m<sup>3</sup> in Sukhyi Estuary and 60–70 million m<sup>3</sup> in Grygorivskiy Estuary. The current abiotic features of the estuaries' ecosystems are determined by the processes occurring in Odesa sea region of the northwestern part of the Black Sea where such estuaries are located. The estuaries' hydrochemical regime depends on the yearly meteorological features, the intensity of water exchange with the sea, the amount of biogenic matter coming from natural (surface runoff, precipitation) and anthropogenic sources and the intra-aquatic processes of new organic matter production and destruction. Dredging activities resulted in emergence of the conditions for halocline and thermocline formation that hamper vertical water exchange. The formation of zones with extreme values of dissolved oxygen was also noted during the research. The maximum values in the surface layers result from photosynthesis development, while the minimum values in the bottom layers are caused by accumulation and destruction of dead organic matter. This information can be used to forecast the consequences arising from similar anthropogenic interference in the functioning of coastal marine ecosystems.

**Keywords:** Sukhyi and Grygorivskiy Estuaries; seaports; ecosystems; abiotic features; anthropogenic impacts; northwestern part of the Black Sea

Подання до редакції: 02. 06. 2022  
Надходження остаточної версії: 15. 06. 2022  
Публікація статті: 07. 07. 2022