НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОРСЬКОЇ БІОЛОГІЇ НАН УКРАЇНИ

КАЛАШНІК КАТЕРИНА СЕРГІЇВНА

УДК 574.2:574.586 (262.5)

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПІФІТ» ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

03.00.17 – гідробіологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата біологічних наук

Одеса – 2019

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Інституті морської біології НАН України

Науковий керівник доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Мінічева Галина Григорівна
Інститут морської біології НАН України
заступник директора з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор біологічних наук,
старший науковий співробітник
Виноградова Оксана Миколаївна
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного
НАН України
заступник директора з наукової роботи
провідний науковий співробітник відділу
фікології, лихенології та бріології

кандидат біологічних наук,
Семенюк Наталія Євгенівна
Інститут гідробіології НАН України
старший науковий співробітник
відділу санітарної гідробіології
та гідропаразитології

Захист відбудеться «02» жовтня 2019 р. о $10^{\underline{00}}$ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.258.01 Інституту морської біології НАН України за адресою: вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, 65011.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту морської біології НАН України за адресою: вул. Пушкінська, 37, м. Одеса, 65011.

Автореферат розіслано «22» серпня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат біологічних наук С.В. Стадніченко

СПЕЦРАДА Д 41.258.01

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Фітообростання, яке складається із двох різнорозмірних компонентів – багатоклітинних макрофітів і одноклітинних епіфітів, є важливим компонентом автотрофної ланки прибережних екосистем. Для кожної життєвої форми складових фітообростання існують спеціальні методи збору, обліку та розрахунку показників розвитку (Гусляков, 1980; Еременко, 1980). Однак такий відокремлений підхід не враховує внески різнорозмірних складових фітообростання в автотрофні угруповання, тому розробка єдиних підходів і методів для дослідження макро- і мікрофітів є важливою гідробіологічною задачею.

Системне уявлення про функціонування взаємопов'язаних компонентів фітообростання дозволило розглядати його як альгосистему «базифіт-епіфіт» (Мінічева, Хомова, 2011), в якій паралельно оцінюються внески макро- та мікрофітів у продукційний процес. Різна екологічна активність різнорозмірних компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» визначає перевагу розвитку макро- чи мікроводоростей в угрупованні залежно від зовнішніх умов, що позначається на переважанні їх активних поверхонь. Застосування морфофункціонального підходу при дослідженні альгосистеми «базифіт-епіфіт» дозволяє одночасно, в одних одиницях виміру, оцінювати її різнорозмірні компоненти, що відкриває можливості для цілісного сприйняття функціонування угруповання фітообростання.

Комплексне дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» як моделі вивчення взаємозв'язку різнорозмірних компонентів фітообростання має теоретичне значення. Подальший розвиток морфофункціонального напрямку вивчення водної рослинності, який був застосований до альгосистеми «базифіт-епіфіт», дозволяє використовувати її для визначення екологічного стану морських екосистем з огляду на імплементацію Україною європейських водних директив.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідних тем Інституту морської біології НАН України. Здобувач був виконавцем в наступній тематиці: фундаментальні теми: «Реакція, прогноз стану і використання рослинності водних екосистем українського шельфу в умовах локального, регіонального та глобального впливу» (2006–2010 рр.) – № ДР 0106U006732; «Використання водної рослинності для індикації і екологічного менеджменту Азово-чорноморських прибережних екосистем» (2011–2015 рр.) – № ДР 0111U006732; «Наукові засади моніторингу водної рослинності та екологічного менеджменту Азово-Чорноморських екосистем» (2016–2020 рр.) – № ДР 0116U000911, «Фенотипічна пластичність і функціонування біологічних систем в прибережних водах Азово-Чорноморського басейну в умовах дій негативних природних і антропогенних чинників (2012–2016) – № ДР 0112U001363, «Адаптації азово-чорноморських біологічних систем в сучасних умовах антропогенних навантажень та кліматичних змін» (2017–2021) – № ДР 0117U004075.

СПЕЦІАЛІЗОВАНА ВЧЕНА РАДА Д 41.250.01

Мета і завдання дослідження. *Мета роботи* – виявити закономірності морфофункціональної організації альгосистеми «базифіт-епіфіт» в умовах північно-західної частині Чорного моря.

Для досягнення встановленої мети були поставлені наступні завдання:

- за допомогою універсальних для макро- та мікроформ водоростей морфофункціональних показників описати альгосистему «базифіт-епіфіт» як цілісний об’єкт угруповань фітообростання;
- розробити методичні основи дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» та розрахунків її морфофункціональних показників;
- виявити сезонну та міжрічну динаміку морфофункціональних показників компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт»;
- з’ясувати відмінності розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт» на штучних і природних субстратах, залежно від глибини зростання, орієнтації поверхонь та трофічного статусу;
- розробити індикатори альгосистеми «базифіт-епіфіт» для визначення екологічного стану морських прибережних екосистем;
- за індикаторами альгосистеми «базифіт-епіфіт» провести ранжування водних об’єктів ПЗЧМ та окремих прибережних ділянок Одеської затоки, які відрізняються за ступенем антропогенного впливу.

Об’єкт дослідження – закономірності морфофункціональної організації альгосистеми «базифіт-епіфіт».

Предмет дослідження – макро- і мікрофіти альгосистеми «базифіт-епіфіт» північно-західної частини Чорного моря.

Методи дослідження: стандартні методи збору й обробки альгологічного матеріалу, світлова мікроскопія, морфофункціональні методи оцінки макро- і мікрофітів, математичні методи статистичного аналізу, методи цілісного аналізу біологічних систем.

Наукова новизна отриманих результатів.

Запропоновано новий цілісний об’єкт гідробіологічних досліджень – альгосистему «базифіт-епіфіт». Доведено, що альгосистема «базифіт-епіфіт» є самостійним угрупованням, що складається із різнорозмірних компонентів – макрофітів та їхніх епіфітів, які створюють динамічну автотрофну систему.

Розроблено методику дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» морських прибережних екосистем; виявлено чотири типи структури альгосистеми «базифіт-епіфіт»; запропоновані алгоритми розрахунку індексу поверхні епіфітного компоненту, що є значним методологічним внеском у розвиток морфофункціонального напрямку вивчення морських фітоценозів.

На підставі первинних даних описані характеристики (екологічні особливості та морфофункціональна організація) альгосистеми «базифіт-епіфіт» в умовах північно-західної частини Чорного моря.

Вперше описані закономірності розвитку різнорозмірних компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» залежно від сезонних змін, типу субстрату, глибини зростання, орієнтації поверхонь та трофічного статусу водойми, що розширює існуючі уявлення про функціонування фітообростання в прибережних морських водах.

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Практичне значення отриманих результатів. Виявлені закономірності розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт» залежно від глибини зростання та орієнтації штучних поверхонь можуть бути використані при проектуванні та розміщенні біопозитивних конструкцій у морських акваторіях для підтримання в них оптимального екологічного режиму.

Індикатори альгосистеми «базифіт-епіфіт» використовуються для оцінки екологічного стану морських прибережних екосистем, що є прикладним інструментом державного моніторингу. Класифікаційні шкали оцінки на основі нових морфофункціональних індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» дозволяють за стандартами європейських водних директив визначати «добрий екологічний стан» (GES) морських вод Українського сектору Чорного моря.

За допомогою індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» проведено оцінку водних об'єктів та окремих акваторій ПЗЧМ, виділено екосистеми з мінімальним антропогенним навантаженням (Ягорлицька та Тендрівська затоки), які можуть розглядатися як такі, що мають референтні умови в досліджуваному регіоні.

Особистий внесок здобувача. Збір альгологічного матеріалу, обробка проб, ідентифікація водоростей, визначення їхніх кількісних показників (класичних – біомаса, чисельність, та морфофункціональних – питома поверхня, індекс поверхні). Обробка та аналіз отриманих результатів виконані особисто автором. Автор самостійно узагальнив результати досліджень, сформулював висновки, проаналізував літературні джерела з питань дисертаційної роботи, оформив дисертаційну роботу. У спільних публікаціях частка особистої участі автора пропорційна числу авторів. Права співавторів публікацій при написанні дисертації не порушені.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення роботи були представлені на: V Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Pontus Euxinus – 2007» (Севастополь, 2007); IV Міжнародній науковій конференції «Молодь та поступ біології» (Львів, 2008); II Міжнародній конференції молодих учених «Биология: от молекулы до биосферы», (Харків, 2008); Міжнародній конференції молодих учених «Актуальні проблеми ботаніки та екології» (Кременець, 2009; Ялта, 2010; Березне, 2011; Полтава, 2015; Херсон, 2016; Луцьк, 2017); V З'їзді Гідроекологічного товариства України «Актуальні гідроекологічні проблеми континентальних і морських екосистем» (Житомир, 2010); VII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Pontus Euxinus – 2011» (Севастополь, 2011); V Міжнародній конференції молодих учених «Біорізноманіття. Екологія. Адаптація. Еволюція» (Одеса, 2011); XIII З'їзді Українського ботанічного товариства (Львів, 2011); IV Міжнародній конференції «Актуальні проблеми сучасної альгології» (Київ, 2012); VIII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Pontus Euxinus – 2013» (Севастополь, 2013); 4th Bi-annual Black Sea Scientific Conference (Констанца, Румунія, 2013); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний

СПЕЦРАДА Д41.258.01

гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення» (Одеса, 2014); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку» (Одеса, 2015); VI Міжнародній конференції «Актуальні проблеми сучасної альгології» (Київ, 2019).

Публікації. Серед 30 основних публікацій, в яких викладені результати дисертаційного дослідження, 7 статей у фахових виданнях, з яких 3 включені до наукометричної бази данних SciVerse Scopus, 23 – в інших наукових виданнях, матеріалах конференцій і з'їздів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 5 розділів, висновків та списку використаних літературних джерел (290 найменувань, з яких 77 латиницею). Загальний обсяг дисертації становить 158 сторінок машинопису, з яких основний текст викладено на 114 сторінках. Текст ілюстровано 50 рисунками та 13 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ІСТОРІЯ ВИВЧЕННЯ ФІТОБЕНТОСУ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

У розділі проаналізовані літературні дані за станом вивченості макро- і мікрофітобентосу в екосистемах північно-західної частини Чорного моря. Окремо розглянуто вивченість фітобентосу у водних екосистемах – лиманах, затоках та окремих акваторіях. Дослідження морського фітобентосу, що базуються на використанні класичних показників (Калугина-Гутник, 1975; Гусляков, 1980), суттєво доповнені сучасним морфофункціональним напрямком (Миничева, 1987; Хайлов и др., 1992), який розкриває взаємозв'язок між формою та функцією, тобто характеризує інтенсивність автотрофного процесу і екологічну активність водної рослинності в цілому (Миничева, 1989). Розроблені морфофункціональні показники активно використовуються у дослідженнях макрофітів, фітопланктону, мікроепіфітону (Миничева, 1999; Миничева и др., 2003; Хомова, 2007; Мінічева, Хомова, 2011).

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» проводили протягом 2007–2018 рр. у різних водних об'єктах північно-західної частини Чорного моря (Одеська, Ягорлицька, Тендрівська затоки; Тилігульський, М. Аджаликський, Хаджибейський лимани), які відрізняються природними й антропогенними умовами. Для комплексного дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» за різних умов зростання було обрано полігон «Біостанція», розташований в Одеській затоці. Протягом 2007–2018 рр. було відібрано 1338 кількісних проб багатоклітинних і одноклітинних водоростей.

Збір матеріалу і його обробка здійснені за методиками, загальноприйнятими в гідробіологічних та альгологічних дослідженнях

СПЕЦРАДА Д 41.258.01

(Гусляков, 1980; Еременко, 1980; Вассер, 1989). В роботі, крім стандартних методів оцінки фітобентосу, використовувався комплекс морфофункціональних показників оцінки водної рослинності (Мінічева, 1989). Питому поверхню (S/W, $м^2 \cdot кг^{-1}$) та індекс поверхні (ІП, од.) макрофітів визначали на основі методів розрахунку параметрів поверхні багатоклітинних водоростей (Мінічева та ін., 2003).

Для визначення видового складу водоростей та кількісного обліку мікроепіфітів проводили мікроскопування з використанням світлового мікроскопу Conus Biorex-3 при збільшенні х100 і х400. Усі виміри здійснювали за допомогою окуляр-мікрометру з точністю до 1 мкм. Для видової ідентифікації діатомових водоростей готували постійні препарати за стандартними методиками (Диатомовый анализ, 1949; Диатомовые водоросли СССР, 1974; Ковтун та ін., 2012).

Видовий склад водоростей визначали за визначниками та атласами (Косинская, 1948; Диатомовый анализ, 1950; Прошкина-Лавренко, 1963; Зинова, 1967; Гусляков и др., 1992; та ін.). Номенклатура водоростей подана за зведеннями (Разнообразие водорослей Украины, 2000; Царенко, 2010; Algae of Ukraine, 2006, 2009, 2007), а також за міжнародним електронним каталогом водоростей www.algaebase.org.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою стандартних методів (Лакин, 1980), реалізованих у пакеті статистичних програм MS Excel, STATISTICA 8.0. Візуалізацію статистично опрацьованих даних проводили шляхом побудови графіків та діаграм за допомогою програми MS Excel.

МЕТОДИ МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ОЦІНКИ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПІФІТ»

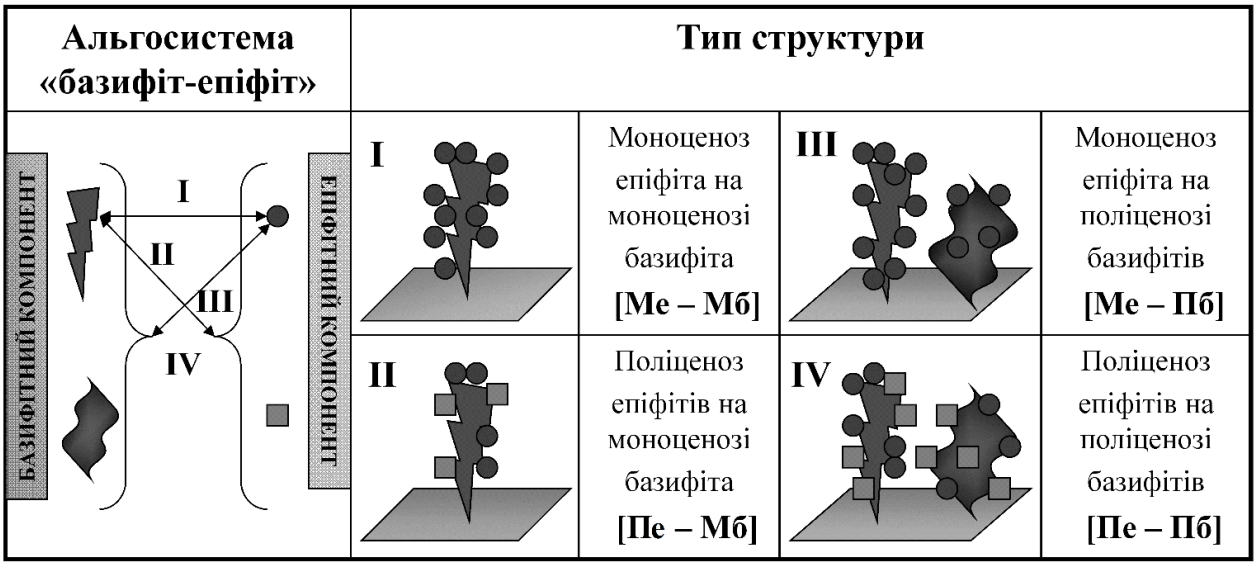
Фітообростання, яке складається із двох різнорозмірних компонентів – багатоклітинних макрофітів і одноклітинних епіфітів, розглядається як альгосистема «базифіт-епіфіт» (Мінічева, Хомова, 2011), в якій паралельно оцінюються внески макро- та мікрофітів у продукційний процес.

З використанням авторських методичних розробок виявлено чотири типи структури альгосистеми «базифіт-епіфіт» в залежності від флористичної різноманітності угруповань її макро- і мікрокомпонентів:

I. моноценоз епіфіта на моноценозі базифіта [$М_е – М_б$];
II. поліценоз епіфітів на моноценозі базифіта [$П_е – М_б$];
III. моноценоз епіфіта на поліценозі базифітів [$М_е – П_б$];
IV. поліценоз епіфітів на поліценозі базифітів [$П_е – П_б$]. (рис. 1).

Виділення різних типів структури альгосистеми «базифіт-епіфіт» дозволило розробити спрощену схему розрахунків морфофункціональних показників даної альгоасоціації.

СТЕПАНА Д 41.258.01



Позначення:

– елементи угруповання базифіта

– елементи угруповання епіфіта

Рис. 1. Типи структури альгосистеми «базифіт-епіфіт»

Для визначення характеристик альгосистеми «базифіт-епіфіт» використовуються наступні морфофункціональні показники:

- питома поверхня (S/W, $м^2 \cdot кг^{-1}$) – відношення площі поверхні водоростей до одиниці маси;
- індекс поверхні (ІП, од.) – сумарна площа поверхні водоростей, що припадає на одиницю площі субстрату.

Обмінні процеси у водоростей здійснюються через зовнішню поверхню, тому показник S/W має прямий зв'язок з вмістом хлорофілу, інтенсивністю фотосинтезу і швидкістю зростання, що визначає екологічну активність фітоугруповання. Індекс поверхні відображає інтенсивність функціонування водної рослинності з урахуванням її структурної організації, що дає можливість використовувати його для характеристики інтенсивності автотрофного процесу (Хайлов и др., 1991; Миничева, 1993).

Для розрахунку S/W і ІП базифітного компоненту альгосистеми використовуються методики по визначенню морфофункціональних показників багатоклітинних форм водної рослинності (Миничева и др., 2003). Для обчислення S/W мікрофітів визначається площа і об'єм клітини шляхом «наближення» форми клітини до тієї або іншої геометричної фігури (Киселев, 1956; Миничева и др., 2003; Брянцева и др., 2005). Принцип обчислення ІП епіфітів ґрунтується на методі прямого рахунку, який був модифікований для альгосистеми «базифіт-епіфіт» (Хомова, 2007, Хомова, 2013) і залежить від типу структури альгосистеми.

СПЕЦРАДА Д

Формули розрахунку індексів поверхні епіфітного компоненту ($ІП_е$) залежно від композиції альгосистеми:

1. Моноценоз епіфіта на моноценозі базифіта [Ме – Мб]:

$$ІПП_е = ((\frac{Se * Ne}{Son_i})*(\frac{\%}{100}))*ІПП_б \ (1),$$

де $S_е$ – площа поверхні клітини епіфіта, $N_е$ – кількість клітин епіфіта на облікових площадках базифіта ($S_{оп_i}$), % – відсоток покриття базифіта эпіфітом, ІППб – індекс поверхні популяції базифіта.

2. Поліценоз епіфітів на моноценозі базифіта [Пе – Мб]:

$$ІПФ_е= ((\sum_{i=1}^{n}\frac{Se_i * Ne_i}{Son_i})*(\frac{\%}{100}))*ІПП_б \ (2),$$

де $S_{е_i}$ – площа поверхні клітин усіх видів епіфітів, $N_{б_i}$ – кількість клітин усіх видів епіфітів на облікових площадках базифіта ($S_{оп_i}$), % – відсоток покриття базифіта эпіфітом, ІППб – індекс поверхні популяції базифіта.

3. Моноценоз епіфіта на поліценозі базифітів [$М_е – П_б$];
   1) розрахунок $ІПП_{еб_1}$, $ІПП_{еб_2}$,…$ІПП_{еб_i}$ за формулою (1)
   2) розрахунок індексу поверхні популяції епіфіта середньозваженого з урахуванням різної чисельності епіфіта на всіх базифітах і внеску кожного базифіта в індекс поверхні фітоценозу (ІПФб)

$$ІПП_е(\bar{x}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}\frac{Sеб_i * Nеб_i}{Sonб_i} \ (3)$$

4. Поліценоз епіфітів на поліценозі базифітів [$П_е – П_б$].
   1) розрахунок $ІПФ_{эб_1}$, $ІПФ_{эб_2}$,…$ИПФ_{эб_i}$ за формулою (2)
   2) розрахунок індексу поверхні фітоценозу епіфіта середньозваженого з урахуванням різної чисельності епіфіта на всіх базифітах і внеску кожного базифіта в індекс поверхні фітоценозу (ІПФб):

$$ІПФ_е(\bar{x}) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}\frac{Sеб_i * Nеб_i}{Sonб_i} \ (4)$$

Порівняння методик прямого рахунку і змиву епіфітів показало, що кожна з них може бути використана для обліку мікроепіфітона макрофітів залежно від мети дослідження. При визначенні флористичної структури

СПЕЦРАДА Д 41.238.01

угруповань мікроепіфітона макрофітів більш точні результати дає метод змиву. При визначенні морфофункціональних параметрів мікроепіфітона для економії часу й отримання результату на підставі вимірювання параметрів клітин домінуючих видів епіфітів, доцільніше використовувати метод прямого рахунку.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ДИНАМІКИ І РЕАКЦІЇ НА АБІОТИЧНІ ЧИННИКИ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПІФІТ»

У водних об'єктах ПЗЧМ виявлено 51 вид сезонних домінантів макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт», представлених відділами багатоклітинних, одноклітинних водоростей та вищих рослин: Chlorophyta – 8, Ochrophyta – 4, Rhodophyta – 7, Bacillariophyta – 26, Cyanoprokaryota – 4, Angiospermatophyta – 2. Найбільша кількість видів макроводоростей відмічалася протягом весняних і літніх місяців року, коли спостерігалося домінування водоростей з відділів Ochrophyta і Chlorophyta, масовий розвиток яких припадає саме на ці сезони. Найбільше видове різноманіття епіфітів спостерігалося влітку та восени, коли разом з діатомовими масово розвивалися синьозелені водорості.

З сезонною зміною видового складу компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» відбувалася і закономірна зміна показників їхнього розвитку. Для макро- і мікрокомпонентів альгосистеми класичними показниками розвитку є біомаса (B, кг·м$^{-2}$) і чисельність (N_e, тис.кл.·см$^{-1}$) відповідно. Питома поверхня (S/W, м^2·кг$^{-1}$) і індекс поверхні (ІП, од.) – однакові для різнорозмірних компонентів фітообростання, вони інтегрують в собі вищенаведені класичні показники, тому під час дослідження особливостей альгосистеми перевага надається саме цим морфофункціональним показникам.

Дослідження сезонної динаміки питомої поверхні різнорозмірних компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» показало, що для базифітів було характерно зменшення величини S/W від зими до літа і невелике збільшення в осінні місяці. Для епіфітів, навпаки, збільшення значення питомої поверхні від зимових місяців до літніх і невелике зменшення восени. Тобто для базифітного компоненту влітку були характерні найменші значення S/W, а для епіфітного компоненту – найбільші (рис. 2).

Взимку та навесні базифітний компонент альгосистеми «базифіт-епіфіт» був представлений видами з високими значеннями питомої поверхні (65-250 м^2·кг$^{-1}$): *Ulothrix implexa* (Kütz.) Kütz., *Urospora penicilliformis* (Roth) Aresch., *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngb., *Pyropia leucosticta* (Thuret) Neefus & J.Brodie, *Cladophora vagabunda* (L.) C. Hoek та інші. В епіфітоні, навпаки, переважали види, які мають великі клітини і, відповідно, невеликі значення S/W – 350-500 м^2·кг$^{-1}$ (*Achnanthes brevipes* C. Agardh, *Coscinodiscus radiatus* Ehrenb., *Melosira moniliformis* (O. Müll.) C.Agardh, *Melosira moniliformis* var. *subglobosa (*Grunow) Hust., *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round та ін.). Влітку і восени серед макрофітів домінували види з низькою екологічною активністю – 25-48 м^2·кг$^{-1}$ (*Ceramium diaphanum*

СПЕЦІАЛЬНА 41.258.01

var. *elegans* (Roth) Roth, *Ceramium virgatum* Roth, *Ulva intestinalis* L., *Ulva prolifera* O.F.Müller, *Bryopsis plumosa* (Huds.) C.Agardh, *Cladophora laetevirens* (Dillwyn) Kütz., *Chondria capillaris* (Huds.) M. J. Wynne та ін.).

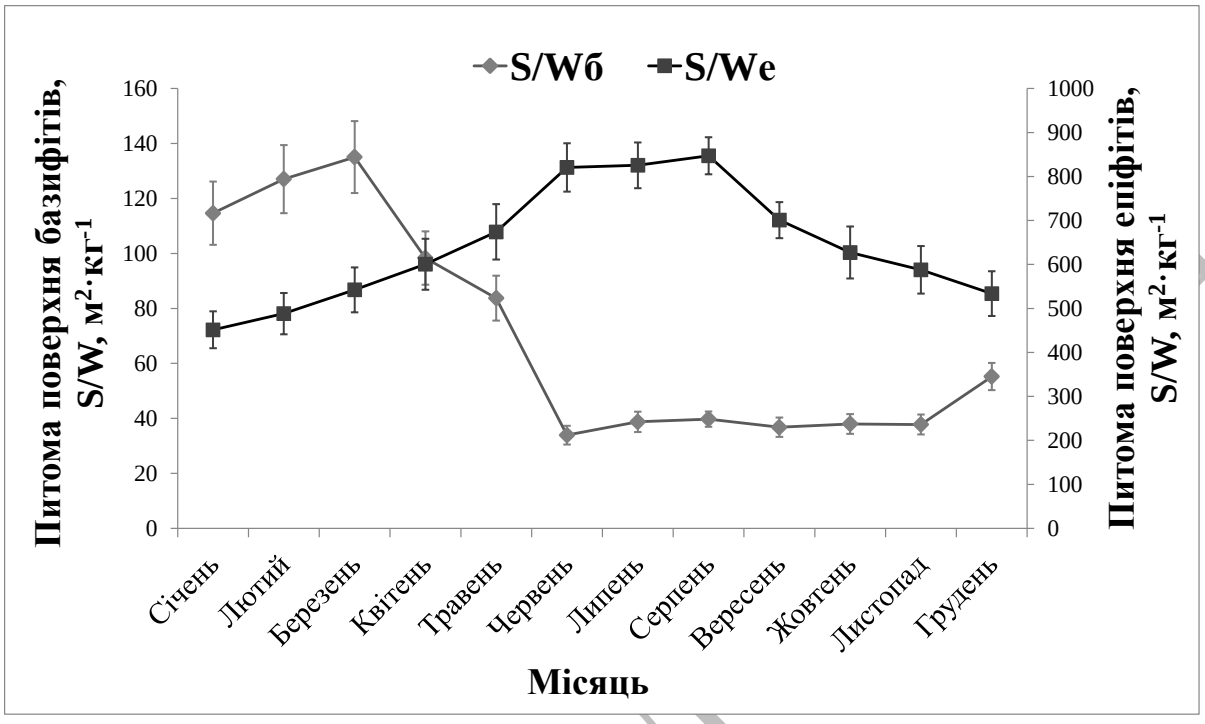


Рис. 2. Питома поверхня (S/W) базифітного і епіфітного компоненту альгосистеми залежно від сезону року

Для епіфітів відмічена протилежна залежність: в ці сезони переважали дрібноклітинні види з високою екологічною активністю, на рівні 680-950 $м^2 \cdot кг^{-1}$ (*Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agardh) Lange-Bert., *Cocconeis scutellum* Ehrenb., *Navicula pennata var pontica* A.W.F. Schmidt, *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Lyngbya lutea* Gomont ex Gomont та ін.).

Особливістю альгосистеми є те, що її компоненти з абсолютно різною екологічною активністю створюють динамічну систему та урівноважують одне одного. Епіфітний компонент з високою екологічною активністю отримує перевагу в умовах високого рівня автотрофного процесу у весняний період, на відміну від макрокомпоненту, екологічна активність якого в цей період зменшується.

Проаналізовано динаміку індексу поверхні базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми протягом року. У період максимальної сонячної радіації, що припадає на весняні місяці, відзначалася інтенсифікація автотрофного процесу, що позначилося на зростанні індексів поверхні різнорозмірних компонентів альгосистеми. Переважання внеску епіфітного компонента спостерігалося в квітні-травні, коли обростання макрофітів мікроводоростями максимальне та досягає 80–100 % покриття таломів (весняний пік зростання). Нарівні з мікроводоростями в ці місяці активно розвиваються і макрофіти, які характеризуються значною різноманітністю та саме в весняний сезон мають найбільші значення ІП (рис. 3).

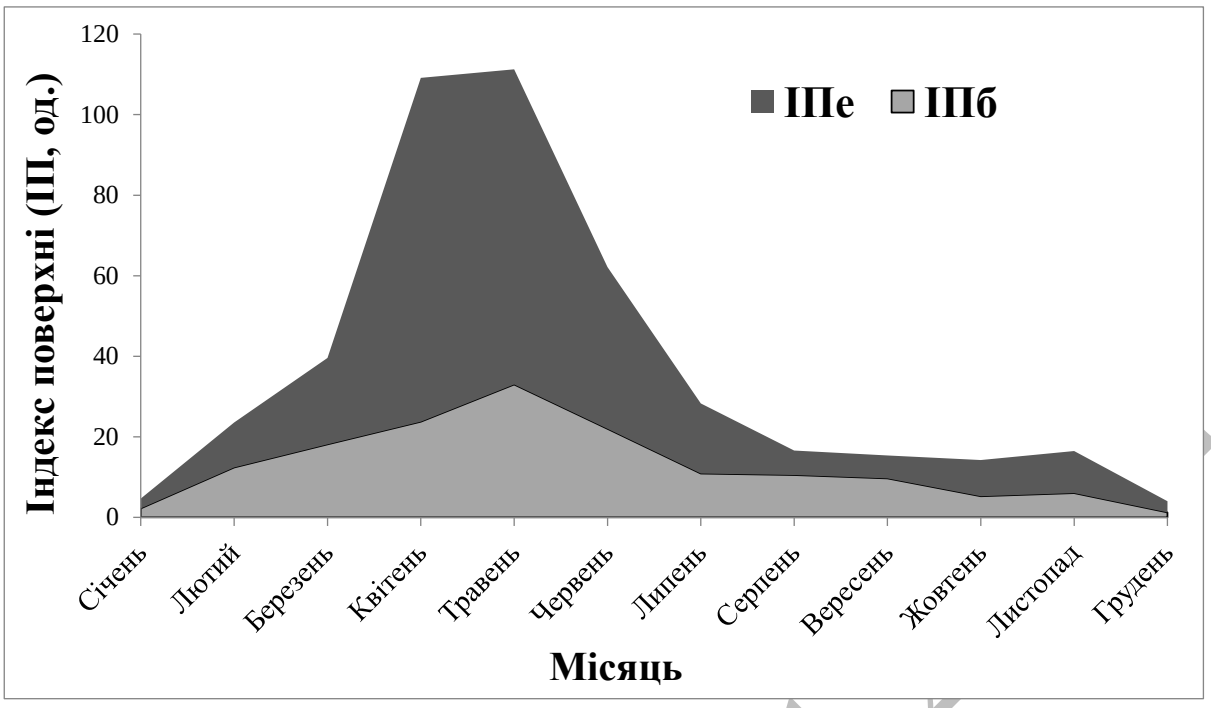


Рис. 3. Співвідношення ІП (активних поверхонь) базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми в залежності від сезону

В літній сезон, для якого притаманний незначний відсоток (10-20 %) покриття таломів макрофітів епіфітами, представленими дрібноклітинними неколоніальними видами, відзначаються найнижчі значення ІП мікрокомпоненту альгосистеми «базифіт-епіфіт». Восени спостерігається незначний пік зростання значень ІП епіфітів, обумовлений домінуванням колоніальних форм водоростей. Весняні та осінні піки розвитку мікроепіфітів характерні і для інших районів Чорного моря (Рябушко, 2008). Найнижчі кількісні показники макрокомпоненту альгосистеми «базифіт-епіфіт» характерні для осінніх місяців, що пов’язано зі штормами, які призводять до масового обриву таломів макрофітів.

Досліджено вплив льодового покриву на сезонний розвиток альгосистеми «базифіт-епіфіт». У роки, коли льодовий покрив на узбережжі Одеської затоки не формується, пік розвитку базифітного і епіфітного компонентів припадає на квітень-травень. У роки, коли відбувається замерзання узбережжя, спостерігається запізнення вегетації макро- і мікроводоростей, що позначається на зміщенні піку розвитку, який припадає на червень. Отримані результати вказують на те, що наявність льодового покриву на узбережжі Одеської затоки є вирішальним чинником, який визначає розвиток альгосистеми «базифіт-епіфіт».

Проаналізовані індекси поверхні базифітного і епіфітного компонентів протягом 2007–2013 років. Значення індексів поверхні базифітів і епіфітів у 2007–2009 рр. були майже однаковими. Це вказує на те, що розвиток альгосистеми в цей період відбувався в схожих та стабільних умовах Складові альгосистеми «базифіт-епіфіт» чутливо відреагували на аномальні кліматичні чинники 2010 року (великий об'єм стоку Дунаю – перевищення

СЕВЕРАДА 41

норми на 45 % і значне та довготривале підвищення температури води) (Адобовский и др., 2012). У липні-серпні 2010 року, коли відмічалося тривале підвищення температури морської води, макрофіти (базифіти) знаходилися в пригніченому стані, що проявилося у зменшенні біомаси та, відповідно, індексу поверхні. Епіфітний компонент, який зазвичай в цей період не виявляє високу екологічну активність, влітку 2010 року внаслідок нетипових для регіону кліматичних умов, отримав додатковий поштовх до свого розвитку. Постаномальний кліматичний період у наступні роки характеризувався збільшенням показника ІП базифітного компоненту (в 1,5-2 рази порівняно зі значеннями до 2010 року) і поверненням до норми ІП епіфітного компоненту (рис. 4).

Рис. 4. Індекси поверхні базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт».

Після аномального за кліматичними чинниками 2010 року в Одеській затоці на твердому субстраті серед домінантів базифітів з'явилися види макроводоростей, які не були масовими для цього регіону. Ці види відносяться до відділу Chlorophyta, які мають тонкорозгалужені таломи та великі значення питомої поверхні (S/W) – *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh (85,04±6,08 $м^2 \cdot кг^{-1}$), *Cladophora albida* (Nees) Kutz. (99,10±5,87 $м^2 \cdot кг^{-1}$), *Cladophora dalmatica* Kütz. (105,75±7,21 $м^2 \cdot кг^{-1}$).

На природному субстраті Одеського узбережжя складові альгосистеми «базифіт-епіфіт» показали вищі показники розвитку, ніж на штучному. На природному субстраті значення індексу поверхні базифітного компоненту альгосистеми були більшими в 1,5 рази, а епіфітного – майже в два рази від значень ІП цих компонентів на штучному субстраті.

Проведені дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» на вертикальних стінках траверсів залежно від глибини зростання й інтенсивності освітлення показали, що на освітленій стороні та невеликих глибинах (0 м і 0,5 м) спостерігалося переважання епіфітного компонента над базифітним. На глибині 1 та 1,5 м співвідношення базифітів і епіфітів було майже однаковим (рис. 5)

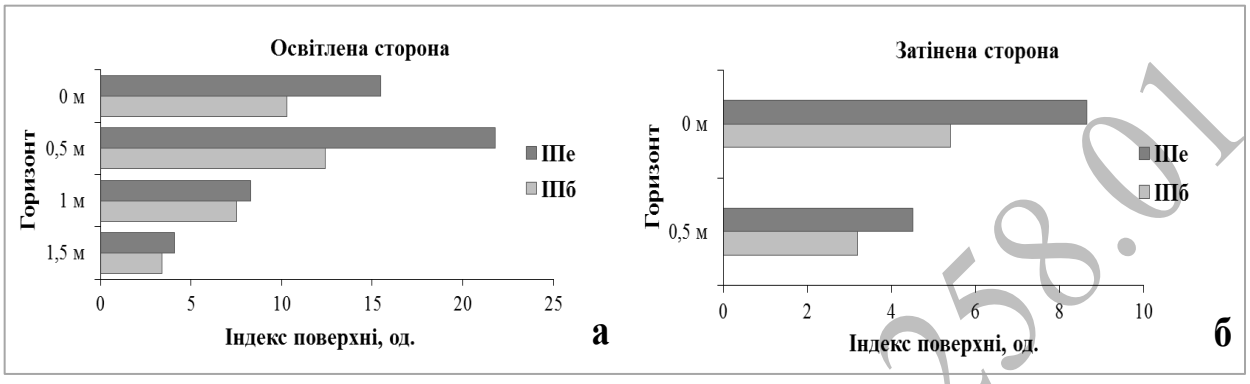


Рис. 5. Співвідношення ІП макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» на освітленій (а) та затіненій (б) сторонах траверсу залежно від горизонту

На затіненій стороні траверсу переважання епіфітів спостерігалося на горизонтах 0 м та 0,5 м. На нижніх горизонтах затіненої сторони траверсів фітообростання не формується. Глибина 0 м на освітленій і затіненій сторонах траверсу є оптимальною для розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт».

Розвиток альгосистеми «базифіт-епіфіт» залежить від експозиції субстрату, тобто від рівня освітлення, яке припадає на поверхні, розташовані під різними кутами нахилу. Найменший розвиток альгосистеми відмічається на вертикальних поверхнях гідроспоруд, що пояснюється недостатнім рівнем освітлення, що припадає на них. Оптимально освітлені горизонтальні і похилі поверхні (Большаков, 2010), що позначається на інтенсивному розвитку компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт».

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬГОСИСТЕМИ «БАЗИФІТ-ЕПІФІТ» ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАТУСУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Трофічний статус водного середовища безпосередньо пов'язаний з інтенсивністю розвитку макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт», формуючи її морфофункціональний портрет. При підвищенні трофності в водоймі починають домінувати тонкорозгалужені і нитчасті макрофіти з високою питомою поверхнею (Мінічева, 1996), а епіфітний компонент реагує інтенсивним кількісним розвитком (Щербак, Семенюк, 2011). Покриття епіфітами макрофітів може коливатися від декількох клітин (оліготрофні води) до повного покриття талому (евтрофні води). Ця закономірність була використана для визначення екологічного статусу водних об'єктів.

СПЕЦРАДА Д 41.258.01

Разом зі збільшенням питомої поверхні базифітів і чисельності епіфітів, збільшуються відповідно і величини їхніх індексів поверхні (ІП), що також залежать від видового складу компонентів альгосистеми. Саме цей морфофункціональний показник дозволяє цілісно оцінити внесок різнорозмірних компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» у продукційний процес залежно від трофності. Збільшення трофності водойми призводить до переважання епіфітного компонента над базифітним (рис. 6).

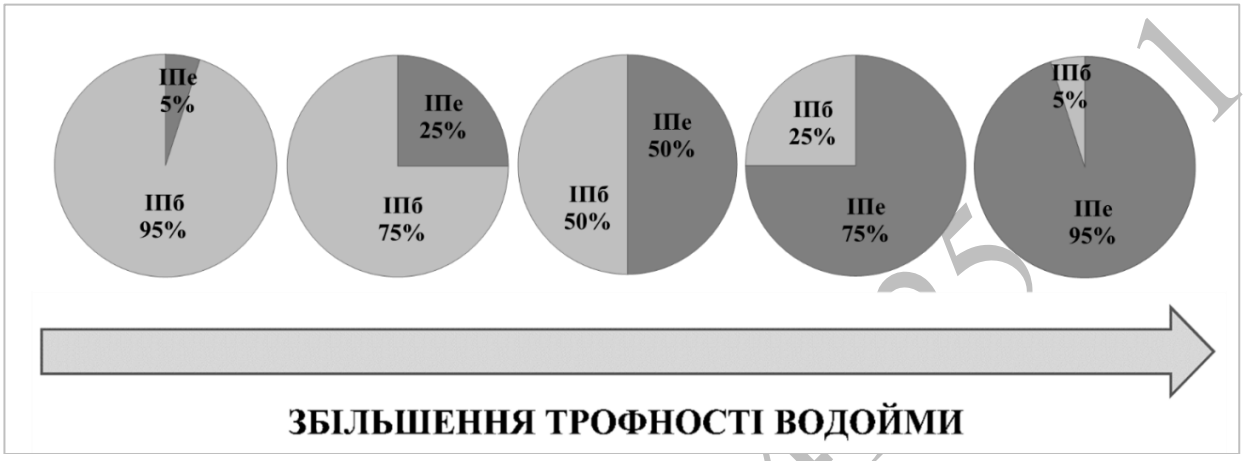


Рис. 6. Зменшення внеску базифітного компоненту при збільшенні трофності водного середовища

Перший структурний показник, який пропонується в якості індикатора альгосистеми – покриття базифіта епіфітами ($Р_{(б/е)}$, %). Визначення показника $Р_{(б/е)}$ проводиться візуально, за допомогою мікроскопу визначається відсоток (%) талому макрофіта, покритого одноклітинними епіфітами. Як вже було зазначено, збільшення відсотку покриття таломів макрофітів епіфітами вказує на погіршення стану водойми. Перевагою цього показника є швидкість визначення, що не вимагає високого рівня кваліфікації виконавця. Індикатор $Р_{(б/е)}$, залежить від сезонних змін розвитку мікроепіфітона, що може знижувати його точність, але він показовий при просторовій оцінці водойм з різним антропогенним навантаженням.

Загалом, альгоіндікатор $Р_{(б/е)}$ є класичним структурним показником, який простий у використанні та може застовуватись для експрес-діагностики екологічного стану морських прибережних екосистем.

Другий морфофункціональний індикатор альгосистеми – співвідношення активної поверхні макрофіта та його епіфітів ($ІП_б/ІП_е$). Цей морфофункціональний показник залежить від видового складу двох компонентів альгосистеми, біомаси, питомої поверхні макрофітів та чисельності мікроепіфітів. Переважання базифітного компоненту над епіфітним є показником високого екологічного статусу, якщо навпаки, то екосистема зазнає антропогенного навантаження.

Визначення індикаторного показника $ІП_б/ІП_е$ базується на співвідношенні активних поверхонь складових альгосистеми, тобто макро- і

мікрокомпоненти не відокремлюються одне від одного і розглядаються як єдине ціле.

Розрахунок показника $ІП_б/ІП_е$ проводиться за формулою:

$$ІП_б/ІП_е = \frac{ІП_б}{ІП_е} \quad (5)$$

де $ІП_б$ – індекс поверхні базифіта, $ІП_е$ – індекс поверхні епіфіта (визначаються за уніфікованими алгоритмами (Миничева и др., 2003; Калашник, 2013).

Недоліком індикатора $ІП_б/ІП_е$ є досить велика кількість часу на його розрахунок, що потребує високого рівня кваліфікації виконавця. Перевага – висока чутливість до просторового і часового (сезонного, довгострокового) моніторингу. Показник $ІП_б/ІП_е$ є цілісним та чутливим індикатором альгоугруповань: залежить від інтенсивності розвитку макро- і мікроскладових альгосистеми, і може використовуватися цілорічно, не втрачаючи достовірності.

Поєднання запропонованих вище індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» ($Р_{(б/е)}$, $ІП_б/ІП_е$) дозволяє більш достовірно і зручно проводити моніторинг екологічного стану гідроекосистем, базуючись на функціональних відгуках двох компонентів альгосистеми, які мають різну екологічну активність та отримують переваги розвитку в захищених, чи антропогенно порушених екосистемах.

Експертна оцінка значень індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» для районів з різним ступенем екологічного навантаження дозволила визначити межі п'яти категорій екологічного статус класу і значення відносної екологічної якості (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала оцінки екологічних статус класів морських прибережних екосистем з використанням індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт»

Екологічний статус клас (ESC)	Покриття базифіта епіфітами ($Р_{(б/е)}$, %)	Відносна екологічна якість (EQR)	Співвідношення поверхні базифіта і епіфіта ($ІП_б/ІП_е$, од.)	Відносна екологічна якість (EQR)
Відмінний (High)	$Р_{(б/е)} \leq 5$	$\geq 0{,}80$	$ІП_б/ІП_е \geq 15$	$\geq 0{,}83$
Добрий (Good)	$5 < Р_{(б/е)} \leq 25$	0,58	$5{,}0 \leq ІП_б/ІП_е < 15$	0,57
Задовільний (Moderate)	$25 < Р_{(б/е)} \leq 50$	0,30	$1{,}0 \leq ІП_б/ІП_е < 5{,}0$	0,29
Поганий (Poor)	$50 < Р_{(б/е)} \leq 75$	0,15	$0{,}5 \leq ІП_б/ІП_е < 1{,}0$	0,16
Дуже поганий (Bad)	$Р_{(б/е)} > 75$	≥ 0	$ІП_б/ІП_е < 0{,}5$	≥ 0

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Проведене дослідження екологічного стану різних ділянок Одеської затоки за індикатором $ІП_б/ІП_е$ показало високий рівень його чутливості до просторової гетерогенності біотопів розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт» на порівняно невеликій ділянці узбережжя з різним ступенем антропогенного навантаження. Вивчення альгосистеми «базифіт-епіфіт» проводилося в різних водних об'єктах ПЗЧМ, які відрізняються за зв'язком з морем та ступенем антропогенного впливу (Соколов, 2015; Миничева и др., 2016). Були проаналізовані значення запропонованих індикаторів альгосистеми ($Р_{(б/е)}$, $ІП_б/ІП_е$) для цих водойм, що дало можливість визначити їх сучасний екологічний статус клас (ESC) та провести за ним їх ранжування (табл. 2).

Таблиця 2

Категорії екологічних статус класів за значенням фітоіндикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» для різних водних об'єктів ПЗЧМ

Водний об'єкт	$ІП_б/ІП_е$, од.	Екологічний статус клас	Відносна екологічна якість (EQR)	$Р_{(б/е)}$, %	Екологічний статус клас	Відносна екологічна якість (EQR)
Ягорлицька затока	25,30	Відмінний (High)	0,87	2	Відмінний (High)	0,89
Тендрівська затока	20,50	Відмінний (High)	0,84	3	Відмінний (High)	0,85
Тилігульський лиман	7,25	Добрий (Good)	0,61	20	Добрий (Good)	0,63
Одеська затока	3,20	Задовільний (Moderate)	0,44	45	Задовільний (Moderate)	0,31
Малий Аджаликський лиман	0,70	Задовільний (Moderate)	0,30	55	Поганий (Poor)	0,19
Хаджибейський лиман	0,25	Дуже поганий (Bad)	0,08	80	Дуже поганий (Bad)	0,10

Актуальною є оцінка альгосистеми «базифіт-епіфіт» в акваторіях природоохоронних об'єктів національного і міжнародного рівнів, враховуючи важливість і необхідність проведення екологічного моніторингу на основі інвентаризації фітобіоти і оцінки її структурних, продукційних і морфофункціональних показників. Ягорлицька та Тендрівська затоки, які входять до складу природоохоронних об'єктів (Національний природний парк «Білобережжя Святослава» та Чорноморський біосферний заповідник), характеризуються найвищою екологічною якістю (статус клас «Відмінний») що підтверджується результатами інших досліджень (Мінічева і ін., 2016). З огляду на це, в умовах ПЗЧМ Ягорлицьку та Тендрівську затоки слід вважати водними об'єктами, які характеризуються референтними умовами і є еталонними для порівняння.

СПЕЦРАДА Д 41.258.01

Розроблені і запропоновані індикатори альгосистеми «базифіт-епіфіт» розширюють використання морфофункціональних показників водної рослинності в експертній оцінці екологічного стану морських прибережних екосистем відповідно до стандартів Водної рамкової Директиви та Морської стратегії ЄС. Результати експертної оцінки за цими показниками можуть бути використані для розробки практичних рекомендацій для досягнення доброго екологічного стану водних об'єктів та окремих акваторій, що є кінцевою метою Морської стратегії ЄС.

ВИСНОВКИ

1. Визначено, що альгосистема «базифіт-епіфіт» є цілісною одиницею автотрофного процесу прибережних екосистем, яка складається з компонентів різної екологічної активності: макро- та мікроформ водоростей, що дозволяє розглядати її як самостійний дослідницький об'єкт функціонування водної рослинності та оцінки якості водних екосистем.
2. З використанням авторських методичних розробок виявлено чотири типи структури альгосистеми «базифіт-епіфіт», для кожного з яких отримані формули розрахунків морфофункціональних показників: питомої поверхні (S/W, $м^2 \cdot кг^{-1}$), що характеризує екологічну активність макро- та мікрокомпонентів та індексу поверхні (ІП, од.), який відображає інтенсивність їх автотрофного процесу.
3. У прибережній зоні та водних об'єктах ПЗЧМ виявлено 51 вид сезонних домінантів макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт», представлених відділами багатоклітинних, одноклітинних водоростей та вищих рослин: Chlorophyta – 8, Ochrophyta – 4, Rhodophyta – 7, Bacillariophyta – 26, Cyanoprokaryota – 4, Angiospermatophyta – 2.
4. На прикладі сезонної динаміки параметрів альгосистеми «базифіт-епіфіт», показано механізм «противаги» макро- і мікрокомпоненту. Епіфітний компонент з високою екологічною активністю (за показником S/W, $м^2 \cdot кг^{-1}$) отримує перевагу в умовах високого рівня автотрофного процесу в весняний період ($S/W_е$=725,18±21,44 $м^2 \cdot кг^{-1}$; $S/W_б$=33,78±2,91 $м^2 \cdot кг^{-1}$). При зниженні рівня автотрофного процесу в літньо-осінній період, перевагу розвитку в альгосистемі отримує базифітний компонент ($S/W_е$=600,08±18,22 $м^2 \cdot кг^{-1}$; $S/W_б$=51,32±4,21 $м^2 \cdot кг^{-1}$).
5. Сезонна динаміка співвідношення активної поверхні макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» свідчить, що найбільший внесок мікроепіфітів спостерігається навесні (75 %), найменший – влітку (35 %). Середньорічне співвідношення індексу поверхні базифітного і епіфітного компоненту в цілісній альгосистемі дорівнює 1:1,4 відповідно.
6. В прибережній зоні ПЗЧМ на природному субстраті створюються більш сприятливі умови для розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт» порівняно

СПЕЦРАДА Д41.258.01

зі штучним. Значення індексів поверхні (ІП) базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми на природному субстраті відповідно в 1,5 і 2 рази вищі порівняно зі штучним субстратом. На глибинах 0 і 0,5 м та на горизонтальних і похилих поверхнях хвилеломів показники розвитку альгосистеми максимальні.

7. Співвідношення індексів поверхні базифітного і епіфітного компонентів альгосистеми пов'язано з трофічним станом морських екосистем. Епіфітний компонент реагує на підвищення трофності збільшенням чисельності та зростанням відсотку покриття таломів макрофітів.
8. Розроблені та запропоновані індикатори альгосистеми «базифіт-епіфіт» – покриття базифіта епіфітами ($Р_{(б/е)}$, %) і співвідношення поверхні базифіта і епіфіта ($ІП_б/ІП_е$, од.) придатні для використання у якості інструменту оцінки та моніторингу екологічного стану морських прибережних екосистем відповідно до вимог Водних директив ЄС.
9. За допомогою індикаторів альгосистеми «базифіт-епіфіт» визначено сучасний екологічний статус клас об'єктів ПЗЧМ. Встановлено, що Ягорлицька та Тендрівська затоки мають найвищий статус клас «Відмінний» (High) ($Р_{(б/е)}$=2–3 %, $ІП_б/ІП_е$=20–26 од.), що відповідає референтному стану. Одеська затока має категорію «Задовільний» (Moderate) ($Р_{(б/е)}$=47 %, $ІП_б/ІП_е$=4,61 од.). Найгірша екологічна ситуація спостерігається в Хаджибейському лимані, який має статус клас «Дуже поганий» (Poor) ($Р_{(б/е)}$=80 %, $ІП_б/ІП_е$=0,25 од.).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у фахових наукових виданнях

1. **Хомова Е. С.** Сравнение методов учета микроэпифитона макрофитов. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія.* 2009. №4 (41). С. 82–86.
2. **Хомова К. С.** Особливості вертикальної динаміки альгосистеми «базифіт-епіфіт» на Одеському узбережжі. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія.* 2010. №3 (44). С. 299–302.
3. Закономерности формирования фитообрастания от ориентации подводных поверхностей. / Миничева Г. Г., Большаков В. Н., **Хомова Е. С.**, Швец А. В. *Морской экологический журнал*. 2011. №4. Т.Х. С. 56–66. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, аналіз матеріалу, написання частини тексту*).
4. Minicheva G. G., Zotov A. B, **Kalashnik E. S.** Comparison of Water Bloom and Fire on the Phytoplankton−Macrophytes Algal System. *International Journal on Algae (IJA).* 2014. 16 (3). P. 263–270. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, підготовка ілюстративного та графічного матеріалу, підготовка статті до друку*).
5. Автотрофні поверхні – інструмент фітоіндикації для моніторингу водних екосистем. / Мінічева Г. Г., Зотов А. Б., Большаков В. М., **Калашнік К.С.,**

СПЕЦІАЛЬНА ДИСЕРТАЦІЯ

Маринець Г. В., Швець Г. В. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного. університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2015. №3–4 (64). С. 470–473. (*Особистий внесок здобувача – аналіз матеріалу підготовка ілюстративного та графічного матеріалу, підготовка статті до друку*).

6. Assessment of the reactions of the Black Sea ecosystem's algaecommunities to influence of climatic factors. / Minicheva G. G., Bolshakov V. N., **Kalashnik E. S.**, Zotov A. B, Marinets A. V. *International Journal on Algae (IJA)*. 2018. 20 (2). P. 121–134. (*Особистий внесок здобувача – аналіз матеріалу, підготовка ілюстративного та графічного матеріалу, підготовка статті до друку*).
7. **Kalashnik E. S.** Indices of the basiphyte–epiphyte algosystem as indicators of the ecological status of marine coastal ecosystems. *International Journal on Algae (IJA)*. 2018. 20 (3). P. 265–276.

Статті в інших наукових виданнях

8. Реакції, прогноз стану та використання рослинності екосистем Українського шельфу в умовах локального, регіонального та глобального впливу. / Мінічева Г. Г., Большаков В. М., Зотов А. Б., Тучковенко Ю. С., Косенко М. М., Маринець Г. В., Швець Г. В., **Хомова К. С.**, Руснак О. М., Мікулич Д. В., Бойко Л. І. *Наукові записки Тернопільського педагогічного університету ім. Гнатюка. Серія Біологія.* 2010. №3 (44). С. 179–182. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, підготовка ілюстративного та графічного матеріалу*).
9. Экологические последствия гидрометеорологических аномалий в прибрежной зоне Одесского региона (2009–2011 гг.). / Адобовский В. В., Александров Б. Г., Богатова Ю. И., Большаков В. Н., Доценко С. А., Говорин И. А., Зотов А. Б., Миничева Г. Г., Теренько Л. М., **Хомова Е. С.**, Шацилло Е. И. *Причорноморський екологічний бюлетень*. 2012. №12 (43). С. 112–127. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, підготовка ілюстративного та графічного матеріалу, підготовка статті до друку*).

Матеріали та тези доповідей конференцій, з'їздів

10. **Хомова Е. С.** Оценка активных поверхностей микро- и макрофитов в системе «базифит-эпифит». *Pontus Euxinus – 2007*: тезисы V Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем (Севастополь, 24–27 сентября 2007 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофізика, 2007. С. 104–105.
11. **Хомова К. С.** Роль мікро- та макрокомпоненту у фітообростанні Одеського узбережжя. *Молодь і поступ біології*: тези IV Міжнародної наукової конференції студентів і аспірантів (Львів, 7–10 квітня 2008 р.). Львів, 2008. С. 123–124.
12. **Хомова Е. С.** Сравнение методик расчета индекса поверхности эпифитного компонента в альгосистеме «базифит-эпифит». *Биология: от молекулы до биосферы*: материалы III Международной конференции

СПЕЦЗАДАЧА 258.01

молодых ученых (Харьков, 18–21 ноября 2008 г.). Харьков: СПД ФЛ Михайлов Г.Г., 2008. С. 347–348.

13. **Хомова Е. С.** Рекомендации к использованию двух методов учета микроэпифитона макрофитов. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (Кременець, 11–15 серпня 2009 р.). Тернопіль: Підручники і посібники, 2009. С. 50–51.
14. **Хомова Е. С.** Влияние особенностей биотопа на альгосистему «базифит-эпифит» Одесского побережья. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (Ялта, 21–25 вересня 2010 р.). Сімферополь: ВД «Аріал», 2010. С. 97–98.
15. **Хомова Е. С.** Влияние азимута поверхности обрастания на элементы альгосистемы «базифит-эпифит». *Pontus Euxinus – 2011*: тезисы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем, посвященной 140-летию Института биологии южных морей Национальной академии наук Украины (Севастополь, 24–27 мая 2011 г.). Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. С. 249–251.
16. **Khomova K. S.** Dynamics of morphofunctional indices of «basiphyte-epiphyte» algosystem in the Odesa region. *Biodiversity. Ecology. Adaptation. Evolution.*: proceedings of the V International Young scientists conference, dedicated to 160 anniversary from the birth of professor Frants Kamenskiy (Odessa, June 13–17, 2011). Odesa: Pechatniy dom, 2011. P. 27–28.
17. **Хомова Е. С.** Сезонная динамика экологической активности компонентов альгосистемы «базифит-эпифит» в Одесском регионе. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (Березне, 9–13 серпня 2011 р.). Київ: ТОВ «Лазурит-Поліграф», 2011. С. 43–44.
18. Мінічева Г. Г., **Хомова К. С.** Можливості морфофункціональної оцінки фітообростання з використанням альгосистеми «базифіт-епіфіт». *XIII з'їзд Українського ботанічного товариства* (Львів, 19–23 вересня 2011 р.). Львів, 2011. С. 308. (*Особистий внесок здобувача – аналіз матеріалу, написання частини тексту*).
19. **Хомова К. С.** Реакція компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» Одеського регіону на мінливість абіотичних чинників». *XIII з'їзд Українського ботанічного товариства* (Львів, 19–23 вересня 2011 р.). Львів, 2011. С. 334
20. Reactions of aquatic ecosystem of northwestern Black Sea region on the climate anomalous» / Adobovskiy V. V., Aleksandrov B. G., Bogatova Yu. I., Bol´shakov V. N., Dotsenko S. A., Govorin I. A., **Khomova E. S.**, Minicheva G. G., Nesterova D. A., Rusnak E. M., Teren´ko L. M., Zotov A. B. *3-rd Bi-annual BS Scientific Conference and UP-GRADE BS-SCENE Project Joint Conference* (Odessa, Ukraine, 1–4 November 2011). P. 164–165. (*Особистий внесок здобувача – аналіз та узагальнення матеріалу*).
21. **Хомова Е.С.** Флористический состав и морфофункциональные показатели альгосистемы «базифит-эпифит» лиманов Северо-Западного

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Причерноморья (Украина). *Актуальные проблемы современной альгологии*: тезисы докладов IV Международной конференции (Киев, 23-25 мая 2012 г.). Киев, 2012. С. 318–319.

22. **Калашник Е. С.** Принципы расчета индексов поверхности эпифитного компонента альгосистемы «базифит-эпифит» // *Pontus Euxinus – 2013: т*езисы VIII Международной научно-практической конференции молодых ученых по проблемам водных экосистем, посвященной 50-летию образования Института биологии южных морей Национальной академии наук Украины (Севастополь, 1–4 октября 2013 г.). Севастополь, 2013. – С. 67–69.
23. Minicheva G. G., Kosenko M. N., **Kalashnik K. S.** Reaction of the Tiligulskiy liman macrophytes to abnotmal climatic conditions. *4th Bi-annual Black Sea Scientific Conference* (Constanta, Romania, 28–31 October 2013). P. 77–78. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, підготовка тез до друку*).
24. Миничева Г. Г., Швец А. В., **Калашник Е. С.** Морфофункциональные особенности организации фитобентоса Тилигульского лимана в современных условиях. *Лимани північно-західного Причорномор'я: сучасний гідроекологічний стан; проблеми водного та екологічного менеджменту, рекомендації щодо їх вирішення*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Одеса, 1–3 жовтня 2014 р.). Одеса: ТЕС, 2014. С. 43–45. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, аналіз матеріалу, підготовка тез до друку*).
25. **Калашник Е. С.**, Швец А. В. Морфофункциональная организация фитобентоса Ягорлыцкого залива (Северо-западное Причерноморье). *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали Міжнародної конференції молодих учених, присвяченої 120-річчю від дня народження Д.К. Зерова (Полтава, 15–20 вересня 2015 р.). Полтава, 2015. С. 25. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, аналіз матеріалу, написання тексту*).
26. Мінічева Г. Г., **Калашнік К. С.** Прогноз розвитку макрофітобентосу Куяльницького лиману при різних рівнях солоності. *Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (Одеса, 18–20 листопада 2015 р.). Одеса: ТЕС, 2015. С. 77–80. (*Особистий внесок здобувача – літературний огляд, підготовка до друку*).
27. **Калашнік К. С.** Особливості сезонної організації альгосистеми «базифіт-епіфіт» Одеського узбережжя. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (Херсон, 29 червня–3 липня 2016 р.). Херсон, 2016. С. 18.
28. **Калашнік К. С.** Показники альгосистеми «базифіт-епіфіт» як індикатори екологічного стану морських прибережних екосистем. *XIV з'їзд Українського ботанічного товариства* (Київ, 25–26 квітня 2017 р.). Київ, 2017. С. 98.

СПЕЦРАДА Д41.253.01

29. **Калашнік К. С.**, Маринець Г. В. Формування фітообростання на водозапускних лотках Куяльницького лиману. *Актуальні проблеми ботаніки та екології*: матеріали міжнародної конференції молодих учених (Луцьк, 5–10 вересня 2017 р.). Луцьк, 2017. С. 13. (*Особистий внесок здобувача – збір та обробка проб, аналіз матеріалу, написання тексту*).
30. **Kalashnik K. S.** Morphofunctional organization of the «basiphyte-epiphyte» algosystem of the Gulf of Odessa. *Advances in modern phycology*: abstracts of the VI international conference (Kyiv, 15–17 May 2019). Kyiv, 2019. P. 48–50.

Анотація

Калашнік К.С. Морфофункціональна організація альгосистеми «базифіт-епіфіт» північно-західної частини Чорного моря. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.17 – гідробіологія. Інститут морської біології НАН України, Одеса, 2019.

Дисертація присвячена вивченню морфофункціональної організації альгосистеми «базифіт-епіфіт» північно-західної частини Чорного моря. Досліджені закономірності розвитку різнорозмірних компонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт» залежно від сезонних змін, типу субстрату, глибини зростання, орієнтації поверхонь та трофічного статусу водойми.

В результаті дослідження альгосистеми «базифіт-епіфіт» у затоках і лиманах ПЗЧМ було виявлено 51 вид сезонних домінантів макро- і мікрокомпонентів альгосистеми «базифіт-епіфіт», представлених відділами багатоклітинних, одноклітинних водоростей та вищих рослин: Chlorophyta – 8, Ochrophyta – 4, Rhodophyta – 7, Bacillariophyta – 26, Cyanoprokaryota – 4, Angiospermatophyta – 2.

На прикладі сезонної динаміки параметрів альгосистеми «базифіт-епіфіт» показано механізм «противаги» макро- і мікрокомпоненту. Епіфітний компонент з високою екологічною активністю отримує перевагу в умовах високого рівня автотрофного процесу у весняний період, при його зниженні в літньо-осінній період перевагу розвитку в альгосистемі отримує базифітний компонент.

Відмічено, що в період максимальної сонячної радіації, що припадає на весняні місяці, відзначається інтенсифікація автотрофного процесу, що позначається на зростанні індексів поверхні різнорозмірних компонентів альгосистеми.

Визначено, що природний субстрат в прибережній зоні створює більш сприятливі порівняно зі штучним субстратом умови для розвитку альгосистеми «базифіт-епіфіт». Розвиток альгосистеми «базифіт-епіфіт» на глибинах 0,5 і 0 м можна вважати оптимальним.

Запропоновано експертну оцінку визначення екологічного стану морських прибережних екосистем відповідно до вимог Водної Рамкової Директиви і Морської Стратегії ЄС на основі індикаторів альгосистеми

СПЕЦРАДА Д41.258.01

«базифіт-епіфіт» – покриття базифіта епіфітами ($Р_{(б/е)}$, %) і співвідношення поверхні базифіта і епіфітів ($ІП_б/ІП_е$, од.). Встановлено сучасний екологічний стан водних об'єктів північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ), що характеризуються різним антропогенним навантаженням. В умовах ПЗЧМ Ягорлицька та Тендрівська затоки оцінені як еталонні водойми, які характеризуються референтними умовами.

Ключові слова: *альгосистема «базифіт-епіфіт», морфофункціональна екологія, індикатори, статус клас, ПЗЧМ.*

Аннотация

Калашник Е.С. Морфофункциональная организация альгосистемы «базифит-эпифит» северо-западной части Черного моря. – Рукопись.

Дисертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.17 – гидробиология. Институт морской биологии НАН Украины, Одесса, 2019.

Диссертация посвящена изучению морфофункциональной организации альгосистемы «базифит-эпифит» северо-западной части Черного моря. Исследованы закономерности развития разноразмерных компонентов альгосистемы «базифит-эпифит» в зависимости от сезонных изменений, типа субстрата, глубины произрастания, ориентации поверхностей и трофического статуса водоема.

Фитообрастание, состоящее из двух разноразмерных компонентов – многоклеточных макрофитов и одноклеточных эпифитов, рассматривается как альгосистема «базифит-эпифит», в которой параллельно оцениваются вклады макро- и микрофитив в продукционный процесс.

В результате исследования альгосистемы «базифит-эпифит» в заливах и лиманах северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) обнаружен 51 вид сезонных доминантов макро- и микрокомпонентов альгосистемы «базифит-эпифит», представленных отделами многоклеточных, одноклеточных водорослей и высших растений: Chlorophyta – 8, Ochrophyta – 4, Rhodophyta – 7, Bacillariophyta – 26, Cyanoprokaryota – 4, Angiospermatophyta – 2. Наибольшее количество видов макроводорослей отмечалось в течение весенних и летних месяцев года, когда наблюдалось доминирование водорослей из отделов Ochrophyta и Chlorophyta, массовое развитие которых приходится именно на эти сезоны. Наибольшее видовое разнообразие эпифитов наблюдалось летом и осенью, когда вместе с диатомовыми массово развивались синезеленые водоросли.

На примере сезонной динамики параметров альгосистемы «базифит-эпифит» показан механизм «противовеса» макро- и микрокомпонента. Эпифитный компонент с высокой экологической активностью получает преимущество в условиях высокого уровня автотрофного процесса в весенний период, при его снижении в летне-осенний период преимущество развития в альгосистеме получает базифитний компонент.

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Проанализирована динамика индекса поверхности базифитного и эпифитного компонентов альгосистемы в течение года. Установлено, что в период максимальной солнечной радиации, приходящейся на весенние месяцы, наблюдается интенсификация автотрофного процесса, что сказывается на росте индексов поверхности разноразмерных компонентов альгосистемы.

Показано, что наибольший вклад в активную поверхность альгосистемы микроэпифиты дают весной (75%), наименьший – летом (35%). Зимний сезон характеризуется одинаковым вкладом базифитного и эпифитного компонента альгосистемы, осенний сезон – преобладанием базифитов.

Определено, что естественный субстрат в прибрежной зоне создает более благоприятные, по сравнению с искусственным субстратом, условия для развития альгосистемы «базифит-эпифит». Развитие альгосистемы «базифит-эпифит» на глубинах 0,5 и 0 м можно считать оптимальным.

Показано, что развитие альгосистемы «базифит-эпифит» зависит от экспозиции субстрата, то есть от уровня освещения, которое приходится на поверхности, расположенные под разными углами наклона. Наименьшее развитие альгосистемы отмечается на вертикальных поверхностях гидросооружений, что объясняется недостаточным уровнем освещения. Оптимально освещены горизонтальные и наклонные поверхности, что сказывается на интенсивном развитии компонентов альгосистемы «базифит-эпифит».

Исследования показали, что интенсивность создания в экосистеме функционально активной поверхности макро- и микроводорослей на новом субстрате, внесенном в морскую среду, значительно выше, чем скорость формирования структурных показателей, таких как флористический состав.

Предложена экспертная оценка определения экологического состояния морских прибрежных экосистем в соответствии с требованиями Водной Рамочной Директивы и Морской Стратегии ЕС на основе индикаторов альгосистемы «базифит-эпифит» - покрытие базифита эпифитами ($P_{(б/е)}$, %) и соотношение поверхности базифита и эпифитов ($ИП_б/ИП_е$, ед.). Определено современное экологическое состояние водных объектов северо-западной части Черного моря (СЗЧМ), с различным уровнем антропогенной нагрузки. В условиях СЗЧМ Ягорлыцкий и Тендровский заливы оценены как эталонные водоемы, характеризующиеся референтными условиями.

Ключевые слова: альгосистема «базифит-эпифит», морфофункциональная экология, индикаторы, статус класс, СЗЧМ.

СПЕЦРАДА Д41.258.01

Abstract

Kalashnik K.S. Morphofunctional organization of the basiphyte-epiphyte algosystem in the north-western section of the Black Sea. – Manuscript. Thesis for the degree of Candidate of biological sciences (Doctor of Philosophy) in the specialty 03.00.17 «Hydrobiology». – Institute of Marine Biology, National Academy of Sciences of Ukraine, Odessa, 2019.

The thesis deals with the morphofunctional organization of the basiphyte-epiphyte algosystem in the north-western section of the Black Sea. The

development patterns of the basiphyte-epiphyte algosystem's various-sized components have been studied depending on seasonal changes, substrate types, growth depth, surface orientation and the water-body's trophic status.

The basiphyte-epiphyte algosystem study, carried out in the bays and estuaries of the Black Sea north-western section, has identified 51 seasonal dominant species of the algosystem's micro- and macrocomponents. These species were represented by multicellular, unicellular algae and higher plants from the following divisions: Chlorophyta – 8, Ochrophyta – 4, Rhodophyta – 7, Bacillariophyta – 26, Cyanoprokaryota – 4, Angiospermatophyta – 2.

The mechanism sustaining the so-called "counterbalance" between the macrocomponent and the microcomponent has been shown in the context of the basiphyte-epiphyte algosystem's seasonal dynamics. The epiphytic component with high ecological activity gets the advantage under the conditions of high-level autotrophic process in spring, while the basiphytic component obtains the development advantage in summer–autumn.

It is noted, that the autotrophic process intensifies during the spring maximum of solar radiation, and this leads to increase in the surface indices of the algosystem's various-sized components.

The natural substrate in the coastal zone has been found to create more favorable conditions for the basiphyte-epiphyte algosystem development, as compared to the artificial substrate. The development of the basiphyte-epiphyte algosystem at depths of 0.5 and 0 m can be considered optimal.

On the grounds of the data obtained, we propose a method for expert assessment of the ecological status of marine coastal ecosystems according to the requirements of the Water Framework Directive and the EU Marine Strategy based on the indicators of the basiphyte-epiphyte algosystem – the coverage of basiphyte by epiphytes ($P_{(b/e)}$, %) and the surface ratio of the basiphyte and epiphytes (SI_b/SI_e, units). The present-day ecological state of water-bodies in the north-western section of the Black Sea (NWBS), marked by different level of human impact, has been assessed. In the conditions of NWBS, the Yagorlytska and Tendrivska Gulfs are estimated as reference water-bodies, distinguished by undisturbed natural conditions.

Key words: *basiphyte-epiphyte algosystem, morphofunctional ecology, indicators, status class, NWBS.*

CIELPAJA 41.25.01