

Міністерство освіти і науки України  
Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

**АРАБАДЖИ-ТІПЕНКО ЛЮДМИЛА ІВАНІВНА**

УДК 582.232:574.5:581.526.52(477)

**ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ *CYANOPROKARYOTA*  
ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИАЗОВ'Я**

03.00.16 – екологія

**Автореферат**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата біологічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник:** доктор біологічних наук, професор  
**Солоненко Анатолій Миколайович**,  
Мелітопольський державний педагогічний  
університет імені Богдана Хмельницького, ректор

**Офіційні опоненти:** доктор біологічних наук, професор  
**Федоненко Олена Вікторівна**,  
Дніпровський національний університет  
імені Олеся Гончара, кафедра загальної біології та  
водних біоресурсів, професор

доктор біологічних наук, доцент  
**Шелюк Юлія Святославівна**,  
Житомирський державний університет  
імені Івана Франка, кафедра ботаніки, біоресурсів  
та збереження біорізноманіття, професор

Захист відбудеться «28» квітня 2021 р. о 12<sup>30</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.051.04 для захисту дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора біологічних наук у Дніпровському національному університеті імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72, корпус 17, біолого-екологічний факультет, ауд. 711.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Казакова, 8.

Автореферат розісланий «26» березня 2021 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради,  
кандидат біологічних наук, доцент



А.О. Дубина

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Синьозелені водорості відіграли найважливішу роль в еволюції біосфери Землі та стали функціонально значущим компонентом сучасних екосистем (Komárek & Anagnostidis, 2005). Ця група організмів завдяки своїм біологічним та екологічним особливостям представлена в широкому розмаїтті екологічних систем світу (Rejmánková et al., 2004). Представники *Cyanoprokaryota* входять до складу екосистем від екватора до полюсів Землі, та від вершин гір до глибин океанів. Велике функціональне значення цієї групи обумовлене біологічним різноманіттям синьозелених водоростей (Виноградова, 2012). Ціанопрокаріоти формують базис для функціональної стійкості екосистем, а також можуть виступати як чинник порушення екологічної рівноваги в екосистемах, що зазнають антропогенного впливу (Солоненко та ін., 2010). Важливе значення *Cyanoprokaryota* встановлено в екстремальних місцєперебуваннях, особливо, в засолених ектопах (Виноградова та ін., 2014).

Значне поширення та екологічна толерантність *Cyanoprokaryota* як групи в поєднанні з високим рівнем спеціалізації окремих видів робить синьозелені водорості перспективним об'єктом фітоіндикаційних досліджень. Представники цієї групи здатні для індикації різних типів антропогенного забруднення середовища, а також для характеристики впливу на екосистеми різних типів екологічних чинників (Барінова та ін., 2006). Поза сумнівом, ціанопрокаріоти можуть стати показником функціональної стійкості екосистем у цілому, та особливо таких, що функціонують в екстремальних природних умовах або в умовах значної антропогенної трансформації екосистем. Значне біологічне та екологічне різноманіття угруповань *Cyanoprokaryota* в різних середовищах існування живих організмів – наземному, ґрунтовому, водному та в амфібіонтних середовищах – робить цю групу ідеальним об'єктом для комплексних досліджень на ландшафтно-екологічному рівні.

Північно-західне узбережжя Азовського моря є сукупністю природних систем, що характеризуються високим рівнем біологічного різноманіття, господарської цінності та мають високий рекреаційний потенціал (Maltseva et al., 2019). Гармонізація цілей охорони природи, оптимізації господарської ефективності та підтримання рекреаційної цінності мають вкрай складне наукове та науково-практичне завдання. Розробка стратегії раціонального природокористування повинна базуватися на дослідженні природних комплексів, що знаходяться в межах заповідних зон як еталонних територій. Крім ролі маркерів рівня біологічного різноманіття, об'єкти природно-заповідного фонду виступають як чинники функціональної стійкості природних комплексів у цілому. Тому дослідження екологічних особливостей *Cyanoprokaryota* Північно-Західного Приазов'я є важливою науковою проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами й темами.** Дисертаційна робота виконана в 2013–2019 рр. у руслі наукової програми кафедри ботаніки і садово-паркового господарства Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького як частина державних

науково-дослідних тем: «Еколого-біологічні особливості функціонування екосистем півдня України як основа збереження їх біологічного різноманіття» (ДР № 0113U001521, 2013–2015 рр.), «Антропогенна динаміка та біорізноманіття екосистем Північного Приазов'я (діагностика, моніторинг, соціально-екологічний аспект)» (ДР № 0116U006755, 2016–2018 рр.), «Біологічні системи природних та антропогенних територій півдня України (сучасний стан, управління та оптимізація)» (ДР № 0119U101383, 2019–2020 рр.).

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи полягає у встановленні екологічних особливостей угруповань та окремих видів *Cyanoprokaryota* в різноманітних екосистемах Північно-Західного Приазов'я.

**Для досягнення зазначеної мети передбачається виконання наступних завдань:**

- встановити характеристики таксономічного різноманіття *Cyanoprokaryota* Північно-Західного Приазов'я;
- встановити закономірності динаміки екологічного різноманіття угруповань *Cyanoprokaryota*;
- оцінити роль солоності екотопу в динаміці екологічної структури *Cyanoprokaryota*;
- встановити флористичні особливості та екологічні закономірності поширення макроскопічних розростань, представлених альгоугрупованнями;
- знайти закономірності погодженої динаміки видів *Cyanoprokaryota* та з'ясувати роль факторів, які визначають структуру угруповань;
- виконати моделювання патернів відгуку видів *Cyanoprokaryota* на дію фактору солоності екотопу;
- одержати оцінки діапазональних індикаційних значень для видів *Cyanoprokaryota* для фітоіндикації рівня солоності екотопу.

**Об'єкт дослідження.** Угруповання та популяції *Cyanoprokaryota* Північно-Західного Приазов'я (Україна).

**Предмет вивчення.** Еколого-флористичні особливості *Cyanoprokaryota* в наземних, водних та амфібійних екосистемах Північно-Західного Приазов'я, закономірності формування угруповань та відгуку видів *Cyanoprokaryota* на дію екологічних факторів.

**Методи дослідження.** Дослідження проводились у межах Приазовського національного природного парку протягом 2013–2019 років. Було досліджено 9 експериментальних полігонів, які охоплювали степові ділянки або схили, солончаки, берегові піщані ґрунти (бари) та водойми (річки, озера, лимани, морські затоки, лагуни). Збір матеріалу в наземних екосистемах проводили за загальноприйнятою в ґрунтовій альгології методикою (Голлербах, Штина, 1969; Алексахіна, Штина, 1984). Відбір проб у водному середовищі здійснювався гідробіологічними методами відбору проб фітопланктону та фітобентосу. Дослідження і визначення водоростей проводили методами світлової мікроскопії за допомогою стереоскопічного мікроскопу MICROmed XS-5520. За допомогою стереоскопічного мікроскопа МБС-1 описували морфологію колоній водоростей на агаризованих середовищах. Екотопічний аналіз виявлених видів проводили на основі відомостей, наведених у монографії О. М. Виноградової (2012), а також за

допомогою літературних джерел, присвячених водоростям України та інших країн (Костіков та ін., 2001; Whitton, 2012). Для статистичних розрахунків ми застосовували відповідні процедури для Statistica (Version 12.0, StatSoftInc., <http://www.statsoft.com>) або R (version 3.5.2; RCoreTeam, 2019).

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

*Уперше:*

- встановлені показники видового та таксономічного різноманіття альгофлори та угруповань *Cyanoprokaryota* Приазовського національного природного парку;
- встановлені закономірності взаємозв'язаної динаміки ектопічних груп *Cyanoprokaryota* залежно від типів екосистем;
- розраховані діапазональні індикаторні значення для видів регіональної альгофлори *Cyanoprokaryota* екологічної шкали засолення екотопу.

*Удосконалено:*

- процедуру визначення діапазональних шкал на основі моделей відгуку видів.

*Набули подальшого розвитку:*

- концепція екологічної ніші Хатчинсона (Hutchinson, 1965) і способи її кількісної оцінки;
- концепція ектопічних груп *Cyanoprokaryota* за О. М. Виноградовою в екологічному висвітленні.

**Практичне значення отриманих результатів.** Відомості про біологічне різноманіття альгофлори *Cyanoprokaryota* Приазовського національного природного парку можуть бути використанні як відправний пункт програм моніторингу біологічного різноманіття екосистем різного рівня антропогенної трансформації та для оцінки рівня відновлення екосистем при запровадженні природоохоронних заходів. Незміщена оцінка таксономічного відношення (відношення кількості видів до кількості родів або кількості родин) є практичним інструментом екологічно релевантної характеристики рівня міжвидової конкуренції для його застосування у порівнянні флор та угруповань різного масштабу, а також для використання у статистичних процедурах. Діапазональні індикаторні значення видів *Cyanoprokaryota* можуть бути використані у практиці фітоіндикації рівня солоності екотопів.

Основні теоретичні положення й матеріали дисертації застосовуються при викладанні дисциплін «Екологія рослин», «Ботаніка з навчальною практикою та курсовою роботою», «Навчальна практика з ботаніки» у Мелітопольському державному педагогічному університеті імені Богдана Хмельницького, при викладанні як освітнього компоненту на уроках біології і екології, а також при проведенні практичних занять із відповідних розділів та тем навчальної програми, затвердженої Міністерством освіти і науки України «Біологія і екологія», у Костянтинівському ліцеї «Ерудит» Костянтинівської сільської ради Запорізької області.

**Особистий внесок здобувача.** Авторка дисертації самостійно планувала дослідження, провела аналіз сучасної наукової літератури, брала участь у зборі польових експериментальних матеріалів, лабораторному їх опрацюванні, особисто складала схеми, виконала аналіз та обробку отриманих наукових результатів, брала участь в апробації результатів та підготовці матеріалів до друку в наукових

виданнях. Концептуальні рішення та обґрунтування нового напрямку досліджень, які знайшли своє відображення у висновках, науковій новизні та практичних рекомендаціях, є науковим результатом авторки дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи та результати досліджень доповідались і обговорювалися на щорічних засіданнях кафедри ботаніки і садово-паркового господарства; на науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького (Мелітополь, 2013–2019 рр.); на XIV з'їзді Українського ботанічного товариства (25–26 квітня 2017 р., м. Київ); на Всеукраїнській конференції «Сучасний світ як результат антропогенної діяльності» (10–12 жовтня 2017 р., м. Мелітополь); на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «IV Всеукраїнські наукові читання пам'яті Сергія Таращука до 60-річчя від дня народження» (23–24 квітня 2015 р., м. Миколаїв); на Міжнародній конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери» (2–4 грудня 2015 р., м. Харків); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Біологічні дослідження – 2016» (10–11 березня 2016 р., м. Житомир); на IV Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів і молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології» (12–14 квітня 2016, м. Вінниця); на XII Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (19–21 квітня, 2016 р., м. Львів); на II Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук» (8–9 квітня, 2016 р., м. Ужгород); на III Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук» (28–29 жовтня 2016 року, м. Київ); на II Міжнародній науково-практичній конференції (28–29 квітня 2018 року, м. Одеса); на V Міжнародній науковій конференції студентів, аспірантів та молодих учених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології» (7–8 листопада 2018 р., м. Вінниця); на II Всеукраїнській науковій конференції з міжнародною участю «Сучасний світ як результат антропогенної діяльності» (10–12 жовтня 2018 р. м. Мелітополь); на Міжнародній науковій конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (20 грудня 2019 р., м. Переяслав).

**Публікації.** Основні матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 23 наукових працях, із них 3 – у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз Web of Science або Scopus, 3 – що входять до переліку фахових, 1 – до розділу у монографії, 16 – матеріали наукових конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертаційна робота викладена на 299 сторінках комп'ютерного тексту й складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і 6 додатків. Вона містить 15 таблиць і 65 рисунків. Список літературних посилань містить 559 джерел, 481 з яких – англійською мовою.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА РОЛЬ В ЕКОСИСТЕМАХ ЦІАНОБАКТЕРІЙ (АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

У розділі розглянуто сучасні уявлення про адаптацію *Cyanoprokaryota* до існування у різних середовищах. Особливу увагу приділено екологічним особливостям *Cyanoprokaryota* та їх екологічному різноманіттю, а також значенню водоростей як індикаторів стану довкілля.

### МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились у межах Приазовського національного природного парку на 9 експериментальних полігонах (рис. 1), які охоплювали степові ділянки або схили, солончаки, берегові піщані ґрунти (бари) та водойми (річки, озера, лимани, морські затоки, лагуни).



Рис. 1. Карта-схема розташування наукових полігонів району дослідження. 1 – Ташенакський под, 2 – річка Малий Утлюг, 3 – Верхів'я Утлюцького лиману, 4 – Лиман Сивашик, 5 – Федотова коса, 6 – Степанівська коса, 7 – урочище Тубальський лиман, 8 – гирло річки Корсак, 9 – заплава р. Берда.

Матеріалом для вивчення синьозелених водоростей слугували 124 альгологічні індивідуальні та об'єднані водні й ґрунтові проби. Індивідуальні проби відбирались із метою визначення макроскопічних розростань на поверхні ґрунту або у водному середовищі.

Екотопічний аналіз виявлених видів проводили на основі відомостей, наведених у монографії О. М. Виноградової (2012). Для статистичних аналізів ми застосовували відповідні процедури для Statistica (Version 12.0, StatSoftInc., <http://www.statsoft.com>) або R (version 3.5.2; RCoreTeam, 2018).

## ЕКОЛОГО-ФЛОРИСТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СЬАНОПРОКАРЬОТА ПРИАЗОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Наведено аналіз таксономічної структури альгофлори. У результаті наших досліджень території Приазовського національного природного парку було виявлено 124 види *Cyanoprokaryota*, які включають 127 внутрішньовидових таксонів. За системною структурою знайдені види *Cyanoprokaryota* належать до класу *Cyanophyceae*, у межах якого представлені 3 підкласи, 6 порядків, 18 родин і 33 роди. Найбагатшим за кількістю видів є підклас *Oscillatoriothycidae*, до складу якого входить 62 види, або 49,0 % регіональної альгофлори ціанопрокаріот (рис. 2). Друге місце за кількістю видів належить підкласу *Synechococcophycidae* (38 видів). Найбіднішим у видовому аспекті є підклас *Nostocophycidae* (27 видів). Найбільш наближеною до регіонального розподілу між підкласами є структура альгофлори угруповань піщаних ґрунтів. Для цієї альгофлори характерним є переважання підкласу *Oscillatoriothycidae* (47,5 %), дещо менше видів входить до підкласу *Synechococcophycidae* (30,0 %), і найменш різноманітним у видовому аспекті є підклас *Nostocophycidae* (22,5 %). Домінуючий підклас *Oscillatoriothycidae* зменшує свою присутність у структурі альгофлори степових ценозів (43,1 %) та у ценозах прісних вод (41,70 %). Але в таких ценозах, як солончаки та солоні води, цей таксон значно збільшує свою присутність (54,7 та 50,0 % відповідно).

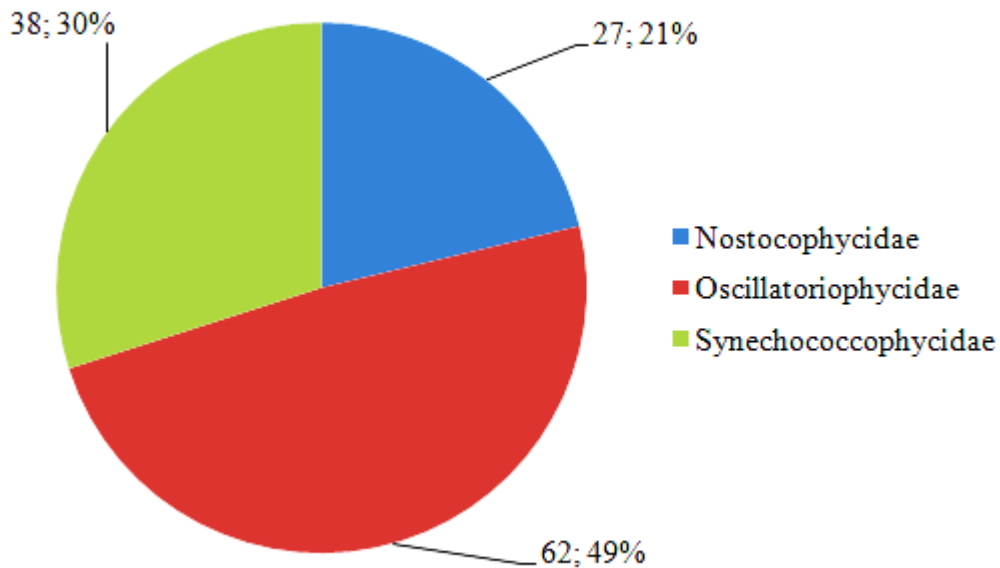


Рис. 2. Розподіл видів *Cyanoprokaryota* альгофлори північного Приазов'я за підкласами (кількість видів та % від загальної кількості видів)

Присутність у альгофлорі підкласу *Nostocophycidae* варіює у межах від 16,2 до 27,6 % залежно від типу біогеоценозу. Максимальне значення в альгофлорі цей таксон відіграє у степових ценозах, мінімальне – у солоних водах. Підклас *Synechococcophycidae* складає від 21,9 до 33,3 % від загальної кількості видів локальних флор. Найбільший його внесок у видове багатство встановлений для



прісних вод, а найменший – для солончаків. Розподіл порядків між найголовнішими типами біогеоценозів дослідженої території не однорідний. Степові ценози представлені трьома порядками: *Nostocales*, *Oscillatoriales* та *Synechococcales*. У солончаках представлено вже п'ять порядків. Порядок *Chroococcales* збільшує своє значення у альгофлорі в ряду степ → солончак → солона вода → прісна вода, а порядок *Oscillatoriales* зменшує свою участь у цьому ряду. Відповідно, в крайніх позиціях ряду відсутній порядок *Chroococcales* (степ) або *Oscillatoriales* (прісні води). Порядок *Pleurocapsales* є специфічним для водних біогеоценозів, причому його частка найбільша в прісних водах. Важливим кількісним показником будь-якої флори є флористичне багатство, рівень якого визначається кількістю видів, родів і родин. До показників систематичної різноманітності відносять флористичні пропорції, а також співвідношення середньої кількості видів у роді, родині та середньої кількості родів у родині. Для досліджуваної території флористична пропорція складає 1 : 1,8 : 7,1, середня кількість видів у родині – 7,1, а в роді – 3,8 (табл. 1).

Таблиця 1

### Основні пропорції альгофлори *Cyanoprokaryota*

Підклас	Порядок	Родина	Рід	Вид	Пропорція	Родовий коефіцієнт
<i>Nostocophycidae</i>	1	4	7	27	1 : 1,8 : 6,8	3,9
<i>Oscillatoriophycidae</i>	4	9	17	62	1 : 1,9 : 6,9	3,6
<i>Synechococcophycidae</i>	1	5	9	38	1 : 1,8 : 7,6	4,2
У цілому	6	18	33	127	1 : 1,8 : 7,1	3,8

Кількість родів у родині серед підкласів є практично константою, яка дорівнює 1,8. Насиченість видами родин найбільша для підкласу *Synechococcophycidae* і складає 7,6. Для підкласів *Nostocophycidae* та *Oscillatoriophycidae* цей показник практично ідентичний, та складає 6,8–6,9. Родовий коефіцієнт найбільший для підкласу *Synechococcophycidae*, і становить 4,2. Менший цей показник для *Nostocophycidae*, що становить 3,9. Для *Oscillatoriophycidae* родовий коефіцієнт становить 3,6. Провідним показником систематичної структури альгофлори є спектр перших 10 родин, який відображає головні властивості флори (табл. 2). Найбільшим видовим багатством характеризуються родини *Oscillatoriaceae* (33 види, 25,98 % від загальної кількості видів), *Nostocaceae* (20 видів, 15,71 % від загальної кількості видів) та *Leptolyngbyaceae* (15 видів, 11,81 % від загальної кількості видів).

Спектр родин альгофлори *Cyanoprokaryota* Північно-Західного Приазов'я

№	Родина	% від загальної кількості видів	Кількість видів
1	<i>Oscillatoriaceae</i>	25,98%	33
2	<i>Nostocaceae</i>	15,75%	20
3	<i>Leptolyngbyaceae</i>	11,81%	15
4	<i>Merismopediaceae</i>	10,24%	13
5	<i>Microcoleaceae</i>	7,09%	9
6	<i>Aphanothecaceae</i>	4,72%	6
7	<i>Chroococcaceae</i>	4,72%	6
8	<i>Pseudanabaenaceae</i>	3,94%	5
9	<i>Schizotrichaceae</i>	3,15%	4
10	<i>Aphanizomenonaceae</i>	2,36%	3

Родинний спектр відображає найяскравіші особливості альгофлори. Найбагатші видами такі роди, як *Phormidium* (24 види), *Leptolyngbya* (14 видів) та *Nostoc* (8 видів). Монотипні роди складають третину (36,4 %) від загальної кількості родів. Поліморфних родів, рівень видового багатства яких більше 10, налічується тільки 2 (6,1 %), і включають вони 38 видів, що складає 29,9 % від загального переліку видів регіональної альгофлори *Cyanoprokaryota*.

Екотопічне різноманіття *Cyanoprokaryota* дослідженого регіону представлене вісьмома групами та перехідними формами (рис. 3). Основне видове багатство альгофлори зосереджене серед аквально-субаерофітних форм, які становлять 45,5 % (у 95 % випадків цей показник знаходиться у діапазоні 29,7–62,9 %). Також важливу роль у регіональній альгофлорі відіграють аквальні види, до яких належить 17,4 % видового багатства *Cyanoprokaryota* регіональної альгофлори (95 %-й перцентиль становить 8,7–50,0 %).

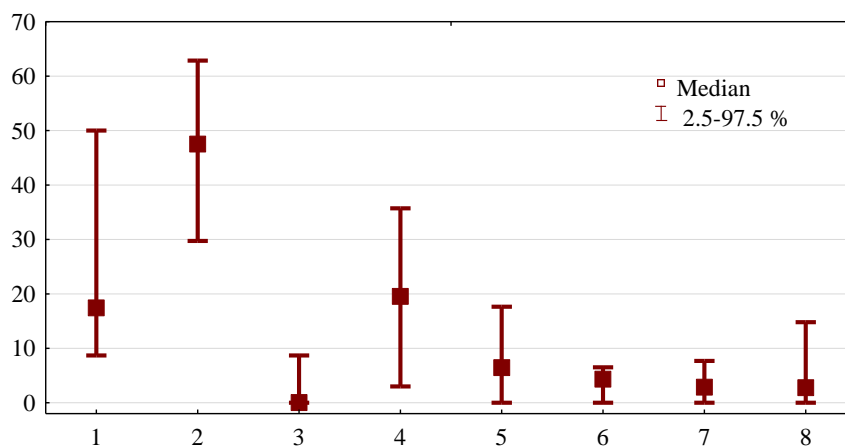


Рис. 3. Описові статистики екологічних груп *Cyanoprokaryota*, встановлених за преференціальним середовищем існування (екотопічні групи). Вісь абсцис – екологічні групи: 1 – аквальні; 2 – аквально-субаерофітні; 3 – субаерофітні; 4 – терестріально-субаерофітні, 5 – аквально-терестріальні; 6 – терестріальні, 7 – аерофітні, 8 – еврибіонтні; вісь ординат – статистичні характеристики участі в угрупованні, % від кількості видів (медіана та 95 % перцентиль)

Комплекс амфібіонтних форм доповнюється терестріально-субаерофітними (3,0–35,7 % від видового багатства регіональної альгофлори) та субаерофітними (0,0–8,7 %) формами. Терестріальні види охоплюють незначну кількість видів регіональної альгофлори (0,0–6,6 %). Деяко більший внесок у різноманіття альгофлори роблять форми, які здатні мешкати у водному та наземному середовищі – аквально-терестріальні (0,0–17,6 %). Малу частку альгофлори представляють аерофітні види (0,0–7,7 %). Еврибіонти складають 0,0–14,8 % регіональної альгофлори. Досліджену флору *Cyanoprokaryota* за критерієм преференції умов солоності відповідно до класифікації О. М. Виноградової (2012) ми розподіляємо на: стенотопні галотолеранти, евритопні галотолеранти, галобіонти та галофіли. Основу регіональної альгофлори *Cyanoprokaryota* складають галотолеранти (51,1 % від кількості видів), деяко менша частка галобіонтів (28,3 %). Види, які знаходяться у маргінальних позиціях градієнту умов солоності середовища, дорівнюють кількості видів: прісноводних та галофільних видів по 10,3 % від загального видового багатства альгофлори.

Екологічні групи *Cyanoprokaryota* за їх преференцією до умов солоності екотопу кількісно можна позначити як (*GL*): стенотопні галотолеранти (прісноводні форми) – 1, евритопні галотолеранти – 2, галобіонти – 3, галофіли – 4. Тоді показник солоності екотопу за структурою цінопрокаріот можна встановити як:

$$Halo = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^N \frac{GL_i}{S_i},$$

де *Halo* – фітоіндикаційна оцінка солоності екотопу за угрупованням цінопрокаріот; *S* – загальна кількість видів в угрупованні; *i* – порядковий номер екологічної групи за преференцією до умов солоності екотопу, *N* – загальна кількість таких груп; *S<sub>i</sub>* – кількість видів, які належать до відповідної екологічної групи. Наразі, фітоіндикаційна оцінка солоності екотопу за угрупованням *Cyanoprokaryota* (*Halo*) може змінюватися від 1 до 4. Рівень 1 відповідає прісним водоймам без ознак солоності, 4 – найбільш засоленим стаціям. За показником *Halo* екосистеми статистично вірогідно розрізняються ( $F = 1,28, p = 0,29$ ). Найбільший рівень солоності встановлений для водойм (2,59, варіює у межах від 1,69 до 2,96) та для солончаків (2,59, варіює у межах від 2,14 до 3,04) (рис. 4). Рівень солоності піщаних ґрунтів та степових ґрунтів менший (2,31 та 2,29 відповідно). Фітоіндикаційна оцінка солоності екотопу *Halo* погоджено варіює з представленістю в угрупованні. Вміст аквальних форм позитивно корелює з рівнем солоності екотопу в степових ценозах ( $r = 0,56, p = 0,03$ ).

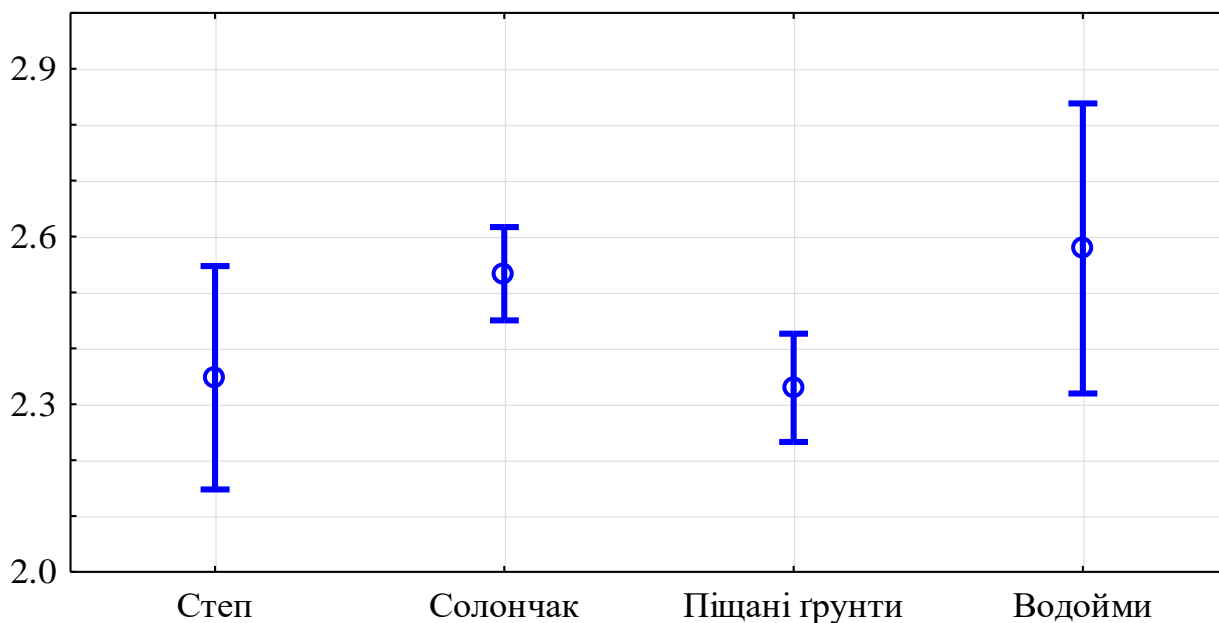


Рис. 4. Варіювання рівня солоності екотопів залежно від типу екосистеми. Вісь ординат – рівень солоності, умовні одиниці (точка – середнє значення, вертикальна лінія – 95 %-й довірчий інтервал).

### МАКРОСКОПІЧНІ РОЗРОСТАННЯ *CYANOPROKARYOTA* ПРИАЗОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Виділено та описано 4 типи альгоугруповань і 2 типи альгосинузій, які формували макроскопічні розростання; назви та описи альгоугруповань і альгосинузій наведені нижче.

1. Плівки *Schizothrix coriacea*
2. Плівки *Nodularia harveyana*+*Nostoc linckia*
3. Кірки *Lyngbya aestuarii* + *Microcoleus chthonoplastes*
- 4 Кірки *Lyngbya aestuarii*
5. Кірки *Lyngbya semiplena* (альгосинузія)
- 6.Таломні шкуринки *Nostoc commune* (альгосинузія)

В альгоугрупованнях макроскопічних розростань представлений 21 вид водоростей (табл. 3). У конкретних угрупованнях кількість видів може варіювати від 1 до 6. Макроскопічні розростання займають специфічні екотопи. Едафотільними є альгоугруповання плівки *Schizothrix coriacea* та плівки *Nodularia harveyana*+*Nostoc linckia*, а також альгосинузії у вигляді таломних шкуринок *Nostoc*. Відповідні екотопи не мають безпосереднього контакту з водоймами, а водне живлення в них відбувається на основі опадів або за рахунок ґрунтових вод. До водойм наближені екотопи, де знаходяться амфібійні макроскопічні розростання, які у переважній більшості розпочинають свій ріст у водному середовищі та продовжують свій ріст уже після висихання короточасних водойм. До числа амфібійних альгоугруповань, які утворюють макроскопічні розростання, належать альгоугруповання кірки *Lyngbya aestuarii* + *Microcoleus chthonoplastes*, кірки *Lyngbya aestuarii* та альгосинузія кірки *Lyngbya semiplena*.

Своєю чергою, амфібіонтні угруповання диференціюють екологічний простір та надають перевагу засоленим ґрунтам на узбережжі (кірки *Lyngbya aestuarii* + *Microcoleus chthonoplastes*), мокрим солончакам поблизу акваторій (кірки *Lyngbya aestuarii*) або береговим піщано-черепашковим валам (кірки *Lyngbya semiplena*).

Таблиця 3

**Видовий склад альгоугруповань і типи макроскопічних розростань водоростей Приазовського національного природного парку**

Видовий склад водоростей	Типи водоростевих розростань і їх угруповання											
	д.	плівки		кірки					т.ш	повст.		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<i>Dunaliella salina</i>	+											
<i>Asteromonas gracilis</i>	+											
<i>Leptolyngbya nostocorum</i>		S						S				
<i>Schizothrix coriacea</i>		D										
<i>Phormidium paulsenianum f. takyricum</i>		S										
<i>Trichormus variabilis</i>		+										
<i>Chlorella minutissima</i>		+										
<i>Nostoc linckia</i>		+	S									
<i>Nodularia harveyana</i>			D	+								
<i>Nostoc punctiforme</i>				D	D							
<i>Trichormus propinquus</i>				+								
<i>Microcoleus chthonoplastes</i>						D						
<i>Lyngbya aestuarii</i>						S	D			D		
<i>Leptolyngbya fragilis</i>								+				
<i>Leptolyngbya perelegans</i>								S				
<i>Lyngbya semiplena</i>								D				
<i>Anabaena solicola</i>								S				
<i>Hantzschia amphioxys</i>								+				
<i>Nostoc commune</i>									D			
<i>Cladophora siwaschensis</i>										+		
<i>Pseudendoclonium sp.</i>												D
К-сть видів в угрупованнях	2	6	2	3	1	2	1	6	1	2	1	

д. – дисперсні розростання, повст. – повстеподібні розростання, т.ш. – таломні шкуринки, 1-11 угруповання водоростей: 1 – дисперсні розростання *Dunaliella salina* та *Asteromonas gracilis*; 2 – плівки *Schizothrix coriacea*; 3 – плівки *Nodularia harveyana*+*Nostoc linckia*; 4, 5 – кірки *Nostoc punctiforme*; 6 – кірки *Lyngbya aestuarii* + *Microcoleus chthonoplastes*; 7 – кірки *Lyngbya aestuarii*; 8 – кірки *Lyngbya semiplena*; 9 – таломні шкуринки *Nostoc commune*; 10 – повстеподібні розростання *Lyngbya aestuarii*; 11 – повстеподібні розростання *Pseudendoclonium sp.*; D – доміанти; S – субдоміанти

**ОРДИНАЦІЯ УГРУПОВАНЬ СУАНОПРОКАРЮТА ТА ГРАДІЄНТНИЙ АНАЛІЗ**

Виконано канонічний аналіз відповідностей угруповання *Cyanoprokaryota*. Перші чотири канонічні осі разом пояснюють 47,5 % варіабельності матриці видів (табл. 4). Канонічна вісь 1 пояснює 18,0 % варіабельності матриці видів та найбільшою мірою маркується аквально-субаерофітами (позитивні значення) та еврибіонтами (від'ємні значення). Позитивні значення осі відповідають угрупованням з вищим різноманіттям, особливо відношенню вид/рід. Ця вісь вказує на наявність градієнту умов солоності, де найбільш засоленим умовам

відповідають позитивні значення осі, а від'ємним – менш засолені. Тому закономірно, що у області більш високих значень канонічної осі 1 знаходяться водні та солончакові екосистеми, у в області від'ємних – степові та піщані екосистеми.

Таблиця 4

## Кореляція зовнішніх предикторів на канонічних осях

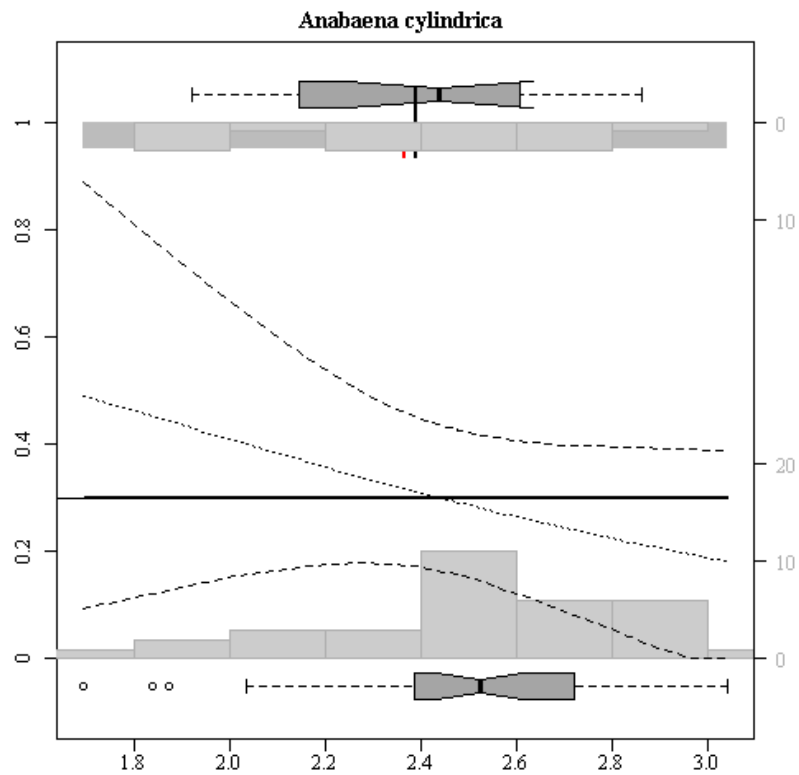
Предиктори	Канонічні осі, % поясненої інерції				R <sup>2</sup>	Pr(>r)
	ССА1, 18,0 %	ССА2, 12,1 %	ССА3, 10,0 %	ССА4, 7,3 %		
Екотопічні групи						
Aq	0,40	0,67	0,62	0,01	0,72	0,001
AqSA	0,89	0,01	-0,33	-0,30	0,41	0,001
SA	0,52	-0,71	-0,30	0,36	0,56	0,001
TrSA	-0,72	-0,46	-0,46	0,23	0,59	0,001
AqTr	-0,71	-0,46	-0,51	-0,13	0,27	0,009
Tr	-0,52	-0,68	-0,50	-0,13	0,40	0,001
Ae	-0,41	-0,69	-0,51	0,31	0,29	0,004
Eu	-0,95	-0,17	0,20	-0,18	0,57	0,001
Показники різноманіття						
Species	0,48	-0,80	-0,25	0,27	0,22	0,032
Genus	0,10	-0,99	0,00	-0,06	0,26	0,012
Resid	0,71	0,48	-0,25	0,45	0,59	0,001
Екологічні групи у градієнті солоності екотопу						
H1	-0,75	0,34	0,53	0,21	0,78	0,001
H2	-0,87	-0,33	-0,28	-0,22	0,78	0,001
H3	0,97	0,22	0,01	-0,06	0,82	0,001
H4	0,94	-0,14	-0,10	0,29	0,75	0,001
Ширина ареалу						
G1	-0,26	0,70	0,59	0,30	0,11	0,262
G2	-0,93	-0,25	-0,25	-0,06	0,62	0,001
G3	0,72	-0,51	0,02	0,47	0,47	0,001
G4	-0,84	0,15	0,44	-0,27	0,22	0,032
G5	0,79	0,34	-0,29	-0,42	0,35	0,003
Біотопи						
Біотопи	–	–	–	–	0,62	0,001
Sand	-0,64	-0,52	-1,05	-0,69	–	–
Solonchak	0,24	-0,21	-0,63	0,15	–	–
Steppe	-0,52	-0,64	0,50	0,07	–	–
Water	0,78	1,22	1,26	0,00	–	–

Умовні позначки: Aq – аквальні; AqSA – аквальні-субаерофітні; SA – субаерофітні; TrSA – терестріально-субаерофітні; AqTr – аквальні-терестріальні; Tr – терестріальні; Ae – аерофітні; Eu – еврибонтні; Species – кількість видів; Genus – кількість родів; Resid – детрендове відношення види/роди; H1 – галотолерантні (стенотопні); H2 – галотолерантні (евритопні); H3 – галобіонтні; H4 – галофіли; G1 – ареал у межах помірної зони; G2 – європейські; G3 – євразійські; G4 – циркумконтинентальні або циркумокеанічні; G5 – космополіти

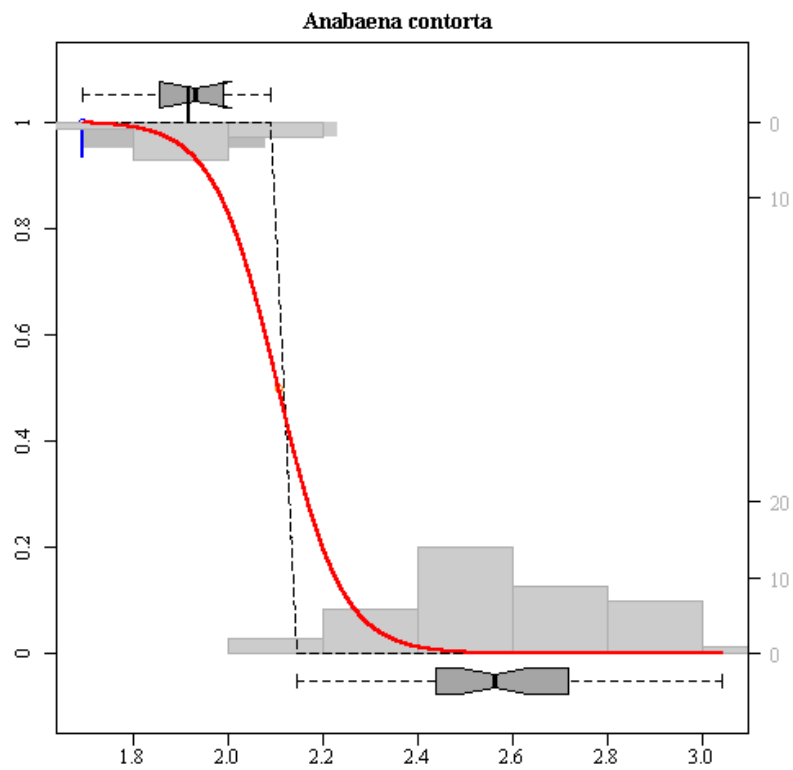
Засолені умови найсприятливіші для видів із широким ареалом, а для менш засоленних умов – види *Cyanoprokaryota* з ареалом у межах Європи. Канонічна вісь

2 описує 12,1 % варіабельності матриці видів. Ця вісь диференціює водні екосистеми (позитивні значення осі) від інших (від'ємні значення осі). Закономірно, що позитивним коефіцієнтом кореляції з канонічною віссю 2 характеризується екологічна група аквальних видів, а інші екологічні групи (за винятком аквально-субаерофітних, коефіцієнт кореляції яких статистично вірогідно не відрізняється від нульової альтернативи), характеризуються від'ємними коефіцієнтами кореляції. Канонічна вісь 3 пояснює 10,0 % варіабельності угруповання *Cyanoprokaryota*. Ця вісь розрізняє прісноводні екосистеми від засолених екосистем. Відповідно, степові угруповання займають центральну частину простору, який задається канонічними осями 3 та 4. Закономірно, що маркерами прісноводних угруповань є стенотопні галотолеранти. Також ці види є вузькоареальними, які поширені переважно у помірній зоні Європи. Канонічна вісь 4 пояснює 7,3 % варіабельності матриці видів. Від'ємні значення цієї осі позначають піщані екосистеми. Угруповання в піщаних ґрунтах мають тенденцію бути представленими широкоареальними видами. Для моделювання відгуку видів *Cyanoprokaryota* у градієнті умов солоності екотопів нами застосований перелік Хуїзмана, Ольфа та Фреско з розширенням Янсена та Оксанена (HOFJO). Найчастіше кращими моделями є II та IV (рис.5). Модель IV є найкращою у 43,3 % випадків. Ця модель є класичною симетричною унімодальною, яка найкраще може бути описана гаусовою кривою. Серед видів, для яких модель IV є найкращою, 52,7 % належать до галотолерантів, 25,5 % – до галобіонтів, 12,7 % – до галофілів та 9,1 % – до прісноводних видів *Cyanoprokaryota*. Відтак, симетрична унімодальна модель найчастіше описує відгуки видів, оптимум яких у градієнті режиму солоності екотопу наближений до центральної його частини. Модель II є найкращою у 38,6 % випадків. Це асиметрична модель із зоною оптимуму, яка наближена до однієї з границь градієнту. Модель I є найкращою у 12,6 % випадків. Ця модель указує на відсутність суттєвого впливу фактору солоності екотопу на розподіл відповідних видів *Cyanoprokaryota*. Причиною такої ситуації може бути толерантність до режиму солоності екотопу. Слід відзначити, що серед видів, для яких модель I є найкращою, найчастіше представлені галотолеранти (62,5 %) та повністю відсутні галофіти. Цей результат найбільшою мірою відповідає припущенню про значну толерантність цієї групи видів. Модель III є асиметричною, передбачає наявність плато, яке відповідає оптимальним умовам для життя виду в діапазоні впливу певного фактору. Ця модель найкращим чином описує відгук видів на вплив режиму солоності екотопу в 1,6 % випадків. Моделі VI та VII є бімодальними та найкраще описують відгук видів у 2,4 та 1,6 % випадків. Найбільш вірогідне пояснення наявності бімодальності – це наявність міжвидової конкуренції. Проведений аналіз дозволив вирахувати оцінки діапазональних індикаційних значень для видів *Cyanoprokaryota* з метою фітоіндикації режиму солоності екотопу (рис. 6). Фітоіндикаційна оцінка режиму солоності екотопу досліджених екосистем указує на те, що найменший рівень солоності є характерним для прісних водойм (1,05), а найбільший – для солоних водойм ( $2,59 \pm 0,06$ ) (рис. 7). Високий рівень солоності індикований для солончаків ( $2,40 \pm 0,03$ ). Трохи менший рівень солоності встановлено для піщаних ґрунтів ( $2,28 \pm 0,12$ ), але їм притаманна дуже

висока варіабельність цієї властивості, що наближає піщані ґрунти до степових ґрунтів.



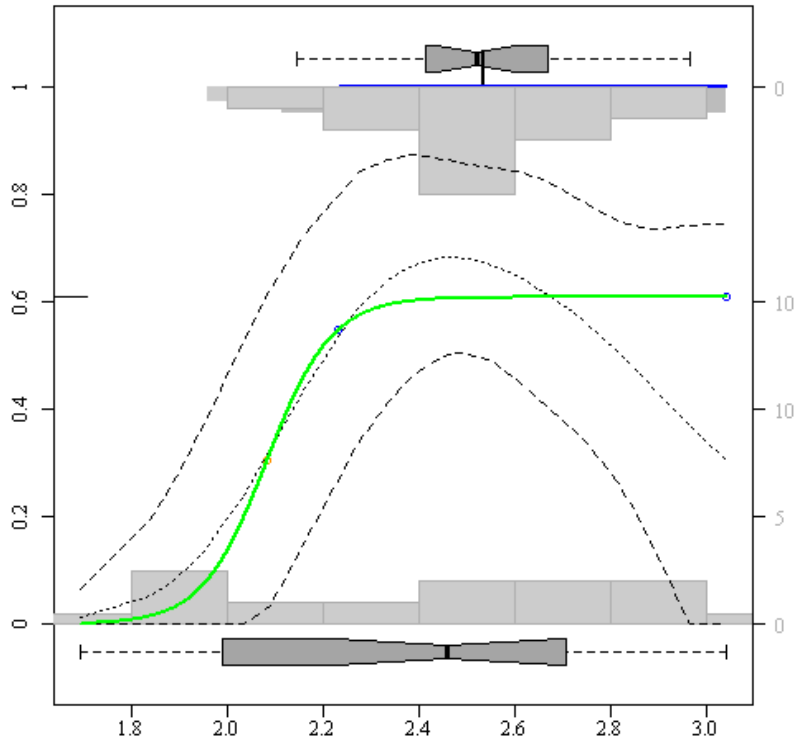
I



II

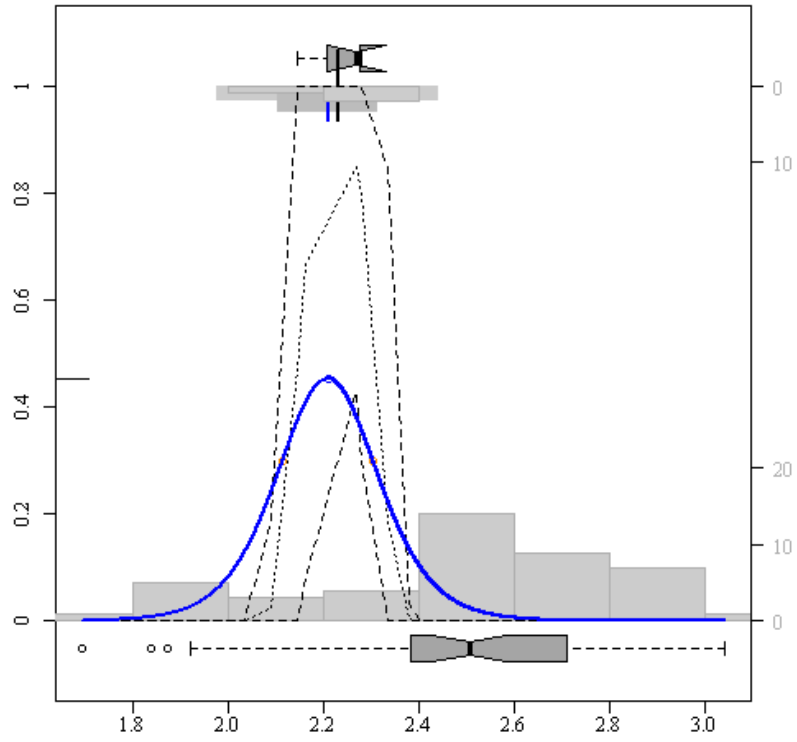


**Nodularia harveyana**

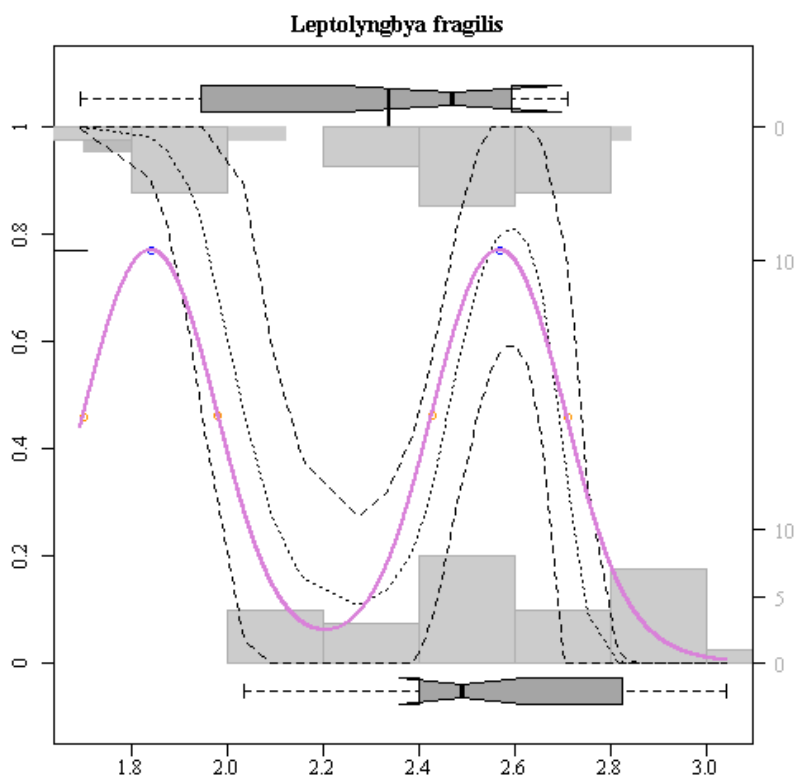


III

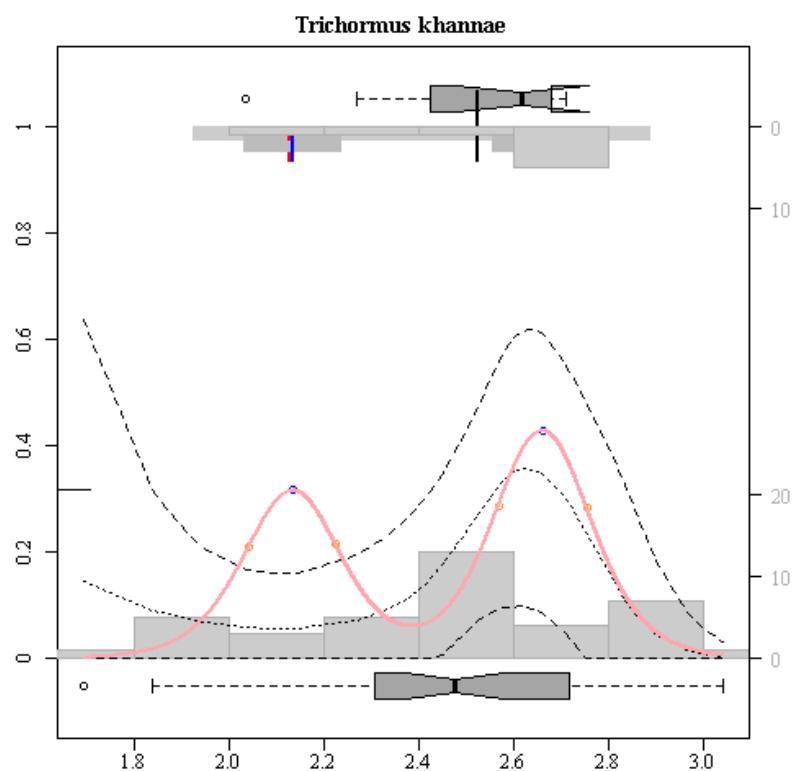
**Nostoc microscopicum**



IV



VI



VII

Рис.5. Типові НОФЮ-моделі відгуку видів *Cyanoprokaryota* на вплив фактора режиму солоності екотопу. I – тренд відсутній; II – тренд збільшення або зменшення, оптимум співпадає з межею фактора; III – тренд збільшення або зменшення, оптимум знаходиться у межах плато; IV – симетрична дзвіноподібна (унімодальна) крива відгуку; V – асиметрична унімодальна крива відгуку (серед досліджених видів така форма відгуку відсутня); VI – симетрична бімодальна крива; VII – асиметрична бімодальна

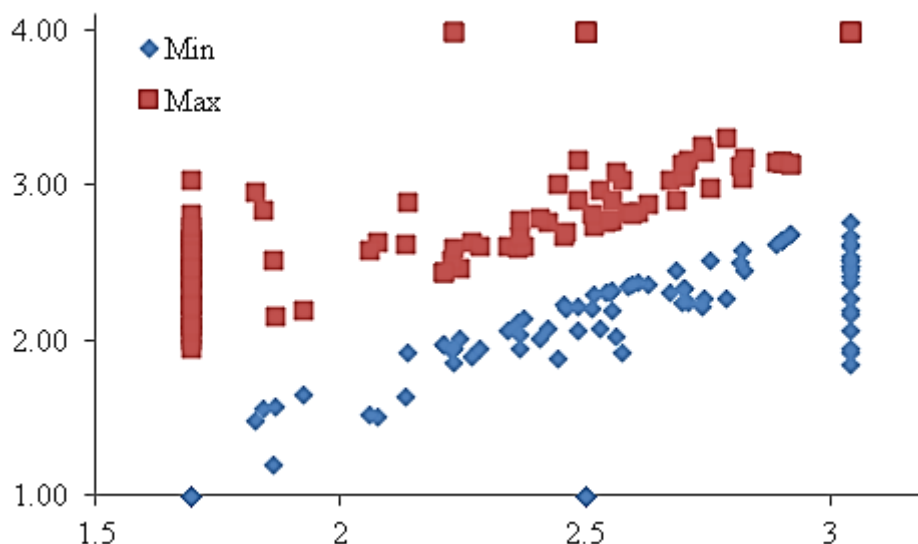


Рис. 6. Залежність мінімальних та максимальних значень індикаційного діапазону видів *Cyanoprokaryota* (вісь ординат) від оцінки їх оптимуму в градієнті умов солоності екотопу (вісь абсцис)

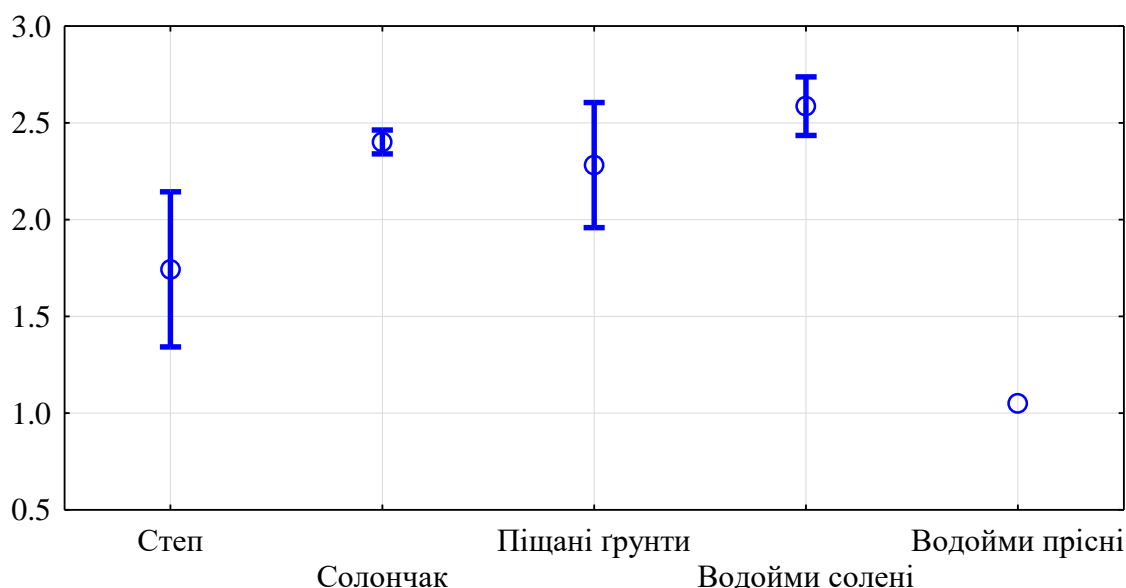


Рис.7. Фітоіндикаційна оцінка рівня солоності екотопів за угрупованнями *Cyanoprokaryota*. Вісь абсцис – біотопи, вісь ординат – рівень солоності екотопу

Порівняння фітоіндикаційних оцінок та рівня солоності води у водних екосистемах дозволило знайти між ними зв'язок (рис,8), який може бути описаний рівнянням Хілла:

$$C = \frac{60,1}{1 + \left(\frac{2,47}{\text{phyt}}\right)^{31,5}}$$

де  $C$  – солоність води, ‰,  $\text{phyt}$  – фітоіндикаційна оцінка рівня солоності екотопу на основі видового складу *Cyanoprokaryota*.

Одержане рівняння має два аспекти. Рівняння може бути використане для переведення фітоіндикаційних оцінок в одиниці вимірювання вмісту солей у воді, що є практично прийнятнішим та, крім того, може бути використане для верифікації моделі. У зв'язку з верифікацією, важливим є аналітичний аспект

моделі. Модель указує, що в діапазоні від 1,0 до 2,2 незначній мінливості вмісту солей у водному середовищі відповідають істотні зміни в структурі угруповання *Cyanoprokaryota*.

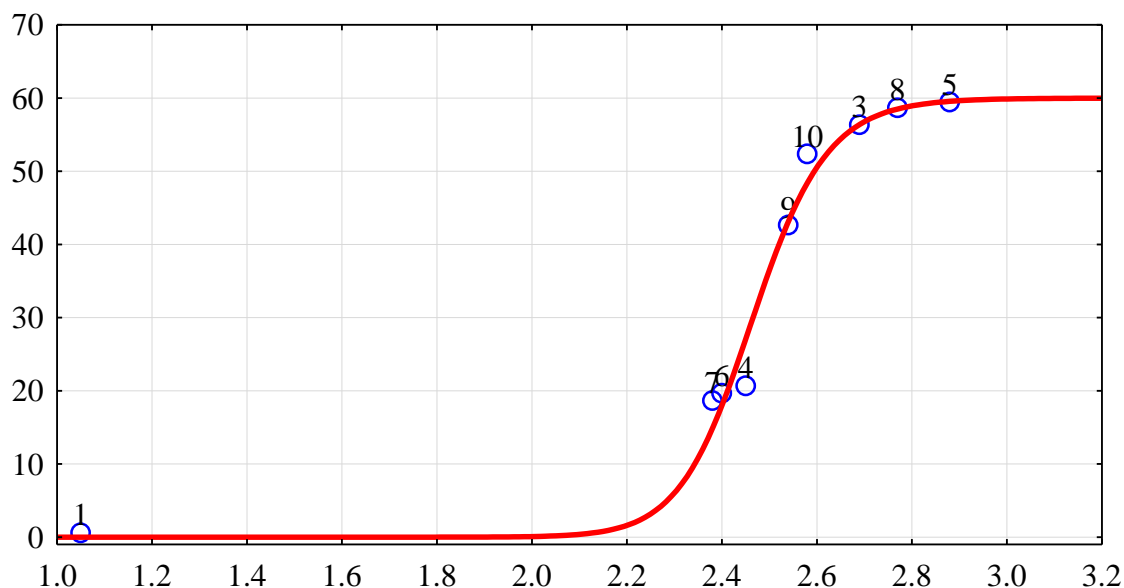


Рис. 8. Залежність між солоністю води та фітоіндикаційною оцінкою солоності екотопу. Вісь абсцис – фітоіндикаційна оцінка рівня солоності екотопу, вісь ординат – вміст розчинних солей у воді, ‰; біотопи: 1 – річка Малий Утлюг; 2 – Федотова коса; 3 – урочище Тубальський лиман; 4 – Степанівська коса; 5 – гирло річки Корсак; 6 – заплава р. Берда; 7 – Лиман Сивашик; 8 – Тащенакський под; 9 – Верхів'я Утлюцького лиману

На жаль, це припущення гіпотетичне, бо саме в означеній сфері градієнту умов солоності зібраних даних, імовірно, недостатньо для переконливих висновків. Тому одержані результати чітко окреслюють перспективи подальших досліджень. Важливе значення мають перспективні дослідження екосистем регіону: від прісних до помірно солоноводних. У діапазоні фітоіндикаційних оцінок від 2,3 до 2,6 встановлена залежність має практично лінійний характер, що вказує на високий рівень чутливості фітоіндикаційного методу. При високих рівнях солоності екотопів (від 2,7 до 4,0) також спостерігається ситуація, коли незначним змінам у вмісті солей у воді відповідають значні зміни у складі угруповань *Cyanoprokaryota*. Такий результат має велике індикаційне значення, оскільки вказує на гіперчутливість фітоіндикаційного методу. Також цей результат має практичне значення для пояснення причин динаміки угруповань цінопрокаріот та відкриває перспективи для управління ними. Відтак, перспективним є дослідження гіпергалінних екосистем для побудови моделі, надійної у всьому діапазоні умов солоності екотопу.

## ВИСНОВКИ

1. На території Північно-Західного Приазов'я виявлено 124 види *Cyanoprokaryota*, які представлені 127 внутрішньовидовими таксонами з номенклатурним типом включно. За системною структурою знайдені види належать до класу *Cyanophyceae*, у межах якого представлені 3 підкласи, 6 порядків, 18 родин і 33 роди. Найрізноманітнішим є підклас *Oscillatoriophyceae*, до складу якого входить задекларований вид. Розподіл порядків між найголовнішими типами біогеоценозів дослідженої території не однорідний. У степових ценозах представлені три порядки: *Nostocales*, *Oscillatoriales* та *Synechococcales*, у солончаках представлено п'ять порядків. Порядок *Chroococcales* збільшує своє значення у флорі в ряду степ → солончак → солончакова вода → прісна вода, а порядок *Oscillatoriales* зменшує свою участь у цьому ряду. Представники порядку *Chroococcales* відсутні у степових ценозах, а представники *Oscillatoriales* відсутні у прісних водах. Порядок *Pleurocapsales* є специфічним для водних біогеоценозів. Для регіональної альгофлори *Cyanophyceae* середня кількість видів у родині становить 7,1, в роді – 3,8. Найбільшим видовим різноманіттям характеризуються родини *Oscillatoriaceae*, *Nostocaceae* та *Leptolyngbyaceae*. Найбільш багаті видами такі роди, як *Phormidium* (24 види), *Leptolyngbya* (14 видів) та *Nostoc* (8 видів).

2. Екотопічне різноманіття *Cyanoprokaryota* дослідженого регіону представлене вісьмома групами та перехідними формами. Основне видове багатство флори зосереджене серед аквально-субаерофітних форм, які становлять 45,5 %. Важливу роль у регіональній флорі відіграють аквальні види, до яких належить 17,4 % видового багатства *Cyanoprokaryota* регіональної альгофлори. Аквальні форми характеризуються від'ємною кореляцією з усіма іншими екотопічними групами, за винятком аквально-субаерофітних форм. Основу регіональної альгофлори *Cyanoprokaryota* складають галотолеранти (51,1 % від кількості видів), дещо менша частка галобіонтів (28,3 %).

3. Аквальні та амфібіонтні форми демонструють тенденцію до збільшення своєї присутності в угрупованні при збільшенні солоності екотопу. Терестріальні (терестріально-субаерофітні, аквально-терестріальні, терестріальні), аерофітні та еврібіонтні види свою присутність зменшують при зростанні засолення екотопу. Чутливість до впливу режиму солоності залежить від типу екосистеми. Аквальні та терестріально-субаерофітні форми найбільш чутливі до впливу солоності у степових ценозах, аквально-субаерофітні – у піщаних ґрунтах, субаерофітні, аквально-терестріальні, терестріальні, аерофітні – у солончаках, еврібіонтні – у степу та водоймах.

4. На приморських територіях Приазовського національного природного парку серед макроскопічних угруповань водоростей виділено та описано 4 типи альгоугруповань: плівки *Schizothrix coriacea*, плівки *Nodularia harveyana*+*Nostoc linckia*, кірки *Lyngbya aestuarii*+*Microcoleus chthonoplastes*, кірки *Lyngbya aestuarii* і 2 типи альгосинузій: кірки *Lyngbya semiplena* та таломні шкуринки *Nostoc commune*. В альгоугрупованнях макроскопічних розростань представлений 21 вид водоростей. У конкретних угрупованнях кількість видів може варіювати від 1 до 6.

Едафофільними є альгоугруповання плівки *Schizothrix coriacea* та плівки *Nodularia harveyana*+*Nostoc linckia*, а також альгосинузії у вигляді таломних шкуринок *Nostoc*. До числа амфібіонтних угруповань, які утворюють макроскопічні розростання, належать альгоугруповання кірки *Lyngbya aestuarii* + *Microcoleus chthonoplastes*, кірки *Lyngbya aestuarii* та альгосинузія кірки *Lyngbya semiplena*.

5. Патерни, які є результатом погодженої динаміки видів *Cyanoprokaryota*, пояснені за допомогою синекологічних показників – співвідношення екоотопічних груп, різноманіття, структури екологічних груп у градієнті умов солоності екотопу та ширини ареалів. Найбільше самостійне значення для пояснення варіювання видової структури угруповань *Cyanoprokaryota* мають екоотопічна структура угруповання (8,5 % від загальної інерції матриці угруповання) та ширина ареалів видів угруповання (6,1 % від загальної інерції). Самостійна роль адаптації до умов солоності екотопу та роль типу екосистем дещо менша (2,7 % та 1,5 % від загальної інерції відповідно). Важливе значення у варіації структури угруповань має взаємодія між джерелами варіації. Найбільшу роль у варіюванні структури угруповання відіграє взаємодія між екоотопічною структурою та шириною ареалів видів (13,8 % від загальної інерції) та потрійна взаємодія між екоотопічною структурою угруповання, шириною ареалів видів та типом екосистеми (9,3 % від загальної інерції).

6. Найкращими моделями відгуку видів *Cyanoprokaryota* на вплив фактора солоності екотопу є моделі II та IV з переліку HOFJO. Модель IV є найкращою у 43,3 % випадків. Ця модель є класичною симетричною унімодальною, яка найкраще може бути описана гаусовою кривою. Серед видів, для яких модель IV є найкращою, 52,7 % належать до галотолерантів, 25,5 % – до галобіонтів, 12,7 % – до галофілів та 9,1 % – до прісноводних видів *Cyanoprokaryota*. Таким чином, симетрична унімодальна модель найчастіше описує відгуки видів, оптимум яких у градієнті режиму солоності екотопу наблизений до центральної його частини.

7. Градієнтний аналіз дозволив одержати оцінки діапазональних індикаційних значень для видів *Cyanoprokaryota* з метою фітоіндикації режиму солоності екотопу. Оцінки охоплюють увесь діапазон умов солоності – від мінімального до максимального рівня. Порівняння фітоіндикаційних оцінок та рівня солоності води у водних екосистемах дозволило знайти між ними зв'язок, який може бути описаний рівнянням Хілла. Рівняння може бути використане для переведення фітоіндикаційних оцінок в одиниці вимірювання вмісту солей у воді.

## Список публікацій здобувача, в яких висвітлено основні наукові результати дисертації

### Розділ монографії

1. Maltseva, I., Yarova, T., Arabadzhi-Tipenko, L., Pavlenko, O., Yakoviichuk, O., Zinenko, A., Manuilova, M. (2019). Innovative technologies for ensuring ecological safety of maritime recreation. Ekkert, M., Nestorenko, O., Szynek, M. (eds.) Modern innovative and information technologies in the development of society. Series of monographs Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology Monograph 23. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Technicznej w Katowicach, 29–38. (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

### У виданнях, які включені до наукометричних баз Web of Science та Scopus

2. Arabadzhi, L.I., Solonenko, A.M., Bren, O.G., Holubev, M.I. (2016). *Cyanoprokaryota* of Tubalskyi estuary (Azov sea basin). *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. 6 (3), 414–418. (**Web of Science**) (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

3. Yarovyi, S.O., Arabadzhi, L.I., Solonenko, A.M., Bren, O.G., Maltsev, E.I., Matsyura, A.V. (2017). Diversity of *Cyanoprokaryota* in sandy habitats in Pryazov National Natural Park (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*. 7(2), 91–95. DOI: 10.15421/2017\_24. (**Web of Science**) (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

4. Solonenko, A. M., Arabadzhy-Tipenko, L. I., Kunakh, O. M., Kovalenko, D. V. (2020). The role of ecological groups in the formation of cyanobacterial communities in the ecosystems of the North Azov region (Ukraine). *Biosystems Diversity* 28 (3), 216–223. DOI:10.15421/012028. (**Scopus**)

(особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

### Публікації в наукових фахових виданнях України

5. Arabadzhy-Tipenko, L. I. (2020). Ecological and floristic characteristics of *Cyanophyceae* of Pryazovskiy National Nature Park. *Agrology*, 3(2), 66–79. doi: 10.32819/020009 (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

6. Арабаджи-Типенко, Л.И., Солоненко, А.Н., Брен, А.Г., (2019), *Суанопрокаріота* солончаков Приазовського національного природного парку, Україна, *Альгологія*, 29(4), 463–477, (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків)

7. Яровий, С. О., Арабаджи, Л. І. (2017). До вивчення *Суанопрокаріота* деяких водойм Приазовського національного природного парку. *Екологія та ноосферологія*. 27, 3-4.- 2017. 110–116. (особистий внесок: аналітичний огляд,

підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).

**Список публікацій, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації**

8. Арабаджи, Л. І., Солоненко, А.М., Брен, О.Г., Мальцев, Є.І. (2017). Різноманіття *Cyanoprocarota* піщаних намівних ґрунтів Приазовського національного природного парку. XIV з'їзд Українського ботанічного товариства (25-26 квітня 2017 р., м. Київ), 82. (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
9. Арабаджи, Л. І., Яровая, Т.А., (2017). Высшие водные растения Приазовского национального природного парка. Збірник матеріалів Всеукраїнської конференції «Сучасний світ як результат антропогенної діяльності» (10-12 жовтня, Мелітополь, 2017). Мелітополь: Видавництво МДПУ імені Б.Хмельницького, 25–27. (особистий внесок: аналітичний огляд, підбір та опрацювання літератури, частковий збір та обробка експериментальних даних, формулювання висновків).
10. Арабаджи, Л. І. (2015). Моніторинг вмісту хлорид- та сульфат-йонів на території Приазовського національного природного парку. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «IV Всеукраїнські наукові читання пам'яті Сергія Таращука до 60-річчя від дня народження» (м. Миколаїв, 23-24 квітня 2015 р.). Чорноморський державний університет імені Петра Могили. Миколаїв: ФОП Швець В. Д., 16–19.
11. Арабаджи, Л. І. (2015). До вивчення синьозелених водоростей степових схилів Приазовського національного природного парку. Матеріали X Міжнародної конференції молодих науковців «Біологія: від молекули до біосфери» (2–4 грудня 2015 р., м. Харків). Харків: ФОП Шаповалова Т. М., С.207–208.
12. Арабаджи, Л. І. (2016). Різноманіття синьозелених водоростей деяких водойм Приазовського національного природного парку. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Біологічні дослідження – 2016» (10-11 березня 2016 р., м. Житомир). 82–84.
13. Арабаджи, Л. І. (2016). До вивчення *Cyanoprokaryota* засоленних ґрунтів Приазовського національного природного парку. Матеріали IV Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології» (12–14 квітня 2016, м. Вінниця). – Вінниця: ДРУК, 98–99.
14. Арабаджи, Л. І. (2016). До вивчення *Cyanoprokaryota* верхів'я Утлюцького лиману Приазовського національного природного парку. XIV International Scientific Conference of Students, PhD Students & Young Scientists «Shevchenkivska vesna: biology». Taras Shevchenko national university of Kyiv scientific association of students and postgraduates young scientists council esc «Institute of biology» (April 6-8, Kyiv, 2016), 238.
15. Арабаджи, Л. І. (2016). До вивчення синьозелених водоростей намівних піщаних ґрунтів Приазовського національного природного парку. XII Міжнародній науковій конференції студентів та аспірантів «Молодь і поступ біології» (19-21 квітня, 2016 р., м. Львів). Львів, 80–81.



16. Арабаджи, Л. І. (2016). До вивчення *Cyanoprokaryota* Тащенакського поду Приазовського національного природного парку. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук» (8-9 квітня, 2016 р., м. Ужгород). Херсон: Видавничий дім «Гельветика», Ч. I., 37–39.
17. Арабаджи, Л. І. (2016). До вивчення *Cyanoprokaryota* Тубальського лиману Приазовського Національного Природного Парку. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми гуманітарних та природничих наук» (28–29 жовтня 2016 року, м. Київ). частина I.- Херсон: видавничий дім «Гельветика», 2016. ч. I, 22–24.
18. Арабаджи, Л. І. (2018). Різноманіття *Cyanoprokaryota* солончаків деяких територій Приазовського національного природного парку. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (28-29 квітня 2018 року, м. Одеса). Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 21–23.
19. Арабаджи, Л. І. (2018). До вивчення альгофлори солончаків узбережжя Азовського моря. Матеріали V Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Фундаментальні та прикладні дослідження в біології та екології» (7–8 листопада 2018 р., м. Вінниця). Вінниця, 136–137.
20. Арабаджи, Л. І. (2018). Компетентнісний підхід в сучасній освіті. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Особистісно-професійний розвиток вчителя в умовах реалізації концепції Нової української школи» (м. Мелітополь, 14-16 червня 2018 року). Мелітополь, 2018, 19–21.
21. Арабаджи, Л. І. (2018). Розростання водоростей галофільних фітоценозів прибережної смуги Азовського моря. II Всеукраїнська наукова конференція з міжнародною участю «Сучасний світ як результат антропогенної діяльності» (10–12 жовтня 2018 р. м. Мелітополь), 21–23.
22. Арабаджи, Л. І. (2018). Альгосинузії *Cyanoprokaryota* ґрунтів приморської частини Азовського моря території Приазовського національного природного парку (Україна). Міжнародна наукова конференція «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (20 грудня 2019 р., м. Переяслав). Переяслав, Державний вищий навчальний заклад «Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди», 54, 5–7.
23. Арабаджи, Л. І. (2019). Альгоугруповання *Cyanoprokaryota* солончаків Приазовського національного природного парку (Україна) як об'єкт дослідницьких робіт для майбутніх фахівців у галузі біології та екології. «Проблеми та процес реформування освіти в галузі природничих наук в Україні та країнах ЄС» (м. Влоцлавек, Республіка Польща, 2–13 грудня 2019 р.), 5–10.

## АНОТАЦІЯ

Арабаджи-Тіпенко Л.І. **Екологічні особливості *Cyanoprokaryota* Північно-Західного Приазов'я.** – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.16 – екологія. – Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького, Мелітополь, 2021.

Встановлено екологічні особливості угруповань та окремих видів *Cyanoprokaryota* у різноманітних екосистемах Приазовського національного природного парку. Виявлено 124 видів *Cyanoprokaryota*, які включають 127 внутрішньовидових таксонів. За системною структурою знайдені види належать до класу *Cyanophyceae*, у межах якого представлені 3 підкласи, 6 порядків, 18 родин і 33 роди. Екотопічне різноманіття *Cyanophyceae* дослідженого регіону представлене вісьмома групами та перехідними формами. Основне видове багатство альгофлори зосереджене серед аквально-субаерофітних форм, які становлять 45.5 %. Важливу роль у регіональній альгофлорі відіграють аквальні види, до яких належить 17.4 % видового багатства *Cyanophyceae* регіональної альгофлори. Чутливість до впливу режиму солоності залежить від типу екосистеми. Аквальні та терестріально-субаерофітні форми найбільш чутливі до впливу солоності в степових ценозах, аквально-субаерофітні – у піщаних ґрунтах, субаерофітні, аквально-терестріальні, терестріальні, аерофітні – у солончаках, еврибіонтні – у степу та у водоймах. Градієнтний аналіз дозволив одержати оцінки діапазональних індикаційних значень для видів *Cyanoprokaryota* з метою фітоіндикації режиму солоності екотопу. Порівняння фітоіндикаційних оцінок та рівня солоності води у водних екосистемах уможливило встановлення між ними зв'язку, який у перспективі може бути описаний рівнянням Хілла.

**Ключові слова:** біорізноманіття, популяції, угруповання, екосистеми, солоність екотопу, екологічні групи, фітоіндикація

## АННОТАЦИЯ

Арабаджи-Типенко Л.И. **Экологические особенности *Cyanoprokaryota* Северо-Западного Приазовья.** – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.16 – экология. – Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого, Мелитополь, 2019.

Установлены экологические особенности группировок и отдельных видов *Cyanoprokaryota* в различных экосистемах Приазовского национального природного парка. Определено 124 вида *Cyanoprokaryota*, которые включают 127 внутривидовых таксонов. По системной структуре найденные виды принадлежат к классу *Cyanophyceae*, в рамках которого представлены 3 подкласса, 6 порядков, 18 семейств и 33 рода. Экологическое разнообразие *Cyanophyceae* исследованного

региона представлено восемью группами и переходными формами. Основное видовое богатство альгофлоры сосредоточено среди аквально-субаэрофитных форм, составляющих 45,5%. Важную роль в региональной альгофлоре играют аквальные виды, к которым относится 17,4% видового богатства *Cyanophyceae* региональной альгофлоры. Чувствительность к воздействию режима солености зависит от типа экосистемы. Аквальные и терестриально-субаэрофитные формы наиболее чувствительны к воздействию солености в степных ценозах, аквально-субаэрофитные - в песчаных почвах, субаэрофитные, аквально-терестриальные, терестриальные, аэрофитные - в солончаках, эврибионты - в степи и в водоемах. Градиентный анализ позволил получить оценки диапазоновых индикационных значений для видов *Cyanoprokaryota* с целью фитоиндикации режима солености экотопов. Сравнение фитоиндикационных оценок и уровня солености воды в водных экосистемах позволило установить между ними связи, которые в перспективе могут быть описаны уравнением Хилла.

**Ключевые слова:** биоразнообразие, популяции, группировки, экосистемы, соленость экотопов, экологические группы, фитоиндикация.

## SUMMARY

Arabadzhy-Tipenko, L.I. **Ecological features of *Cyanoprokaryota* of the Northwest Azov Sea region.** – Qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a Candidate Degree in Biological Sciences in specialty 03.00.16 – Ecology. – Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol, 2021.

The purpose of the work is to establish the ecological characteristics of communities and species of *Cyanoprokaryota* in the various ecosystems of the Pryazov National Natural Park. In the territory of the National Natural Park, there are 124 types of *Cyanoprokaryota*, including 127 internal taxis. Systematically found species belong to the *Cyanophyceae* class, comprising 3 subclasses, 6 rows, 18 families and 33 genera. The ecotopic diversity of the study region *Cyanophyceae* is represented by eight groups and transitional forms. The basic species of the flora is concentrated among aquaculture-suburban forms, which are 45.5%. Aquatic species, which account for 17.4% of the species of *Cyanophyceae*, play an important role in regional flora. Sensitivity to the effects of salinity depends on the type of ecosystem. Aqual and terrestrial-subaerophytic forms are most sensitive to the influence of salinity in steppe cenoses, aqual-subaerophytic - in sandy soils, subaerophytic, aqua-terrestrial, terrestrial, aerophytic - in salt marshes, eurybiont - in steppes and reservoirs. Gradient analysis allowed to obtain estimates of range indicative values for cyanoprokaryotic species for phytoindication of the salinity regime of the ecotope. Comparison of phytoindication estimates and the level of salinity of water in aquatic ecosystems allowed to find a connection between them, which can be described by the Hill equation.

**Key words:** biodiversity, populations, groupings, ecosystems, salinity of the ecotope, ecological groups, phytoindication





Підписано до друку 23.03.2021 р. Формат 60x90/16. Умовн. друк. арк. 1,56.  
Папір SAVE. Гарнітура Таймс 10. Друк різогр. Зам. № 71. Наклад 100 пр.

Надруковано ФОП Силаєва О.В.

Свідоцтво №2 101 017 0000 003490 від 14.07.1997р.

72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. Університетська, 44/7.

Тел. (097) 887-66-01.